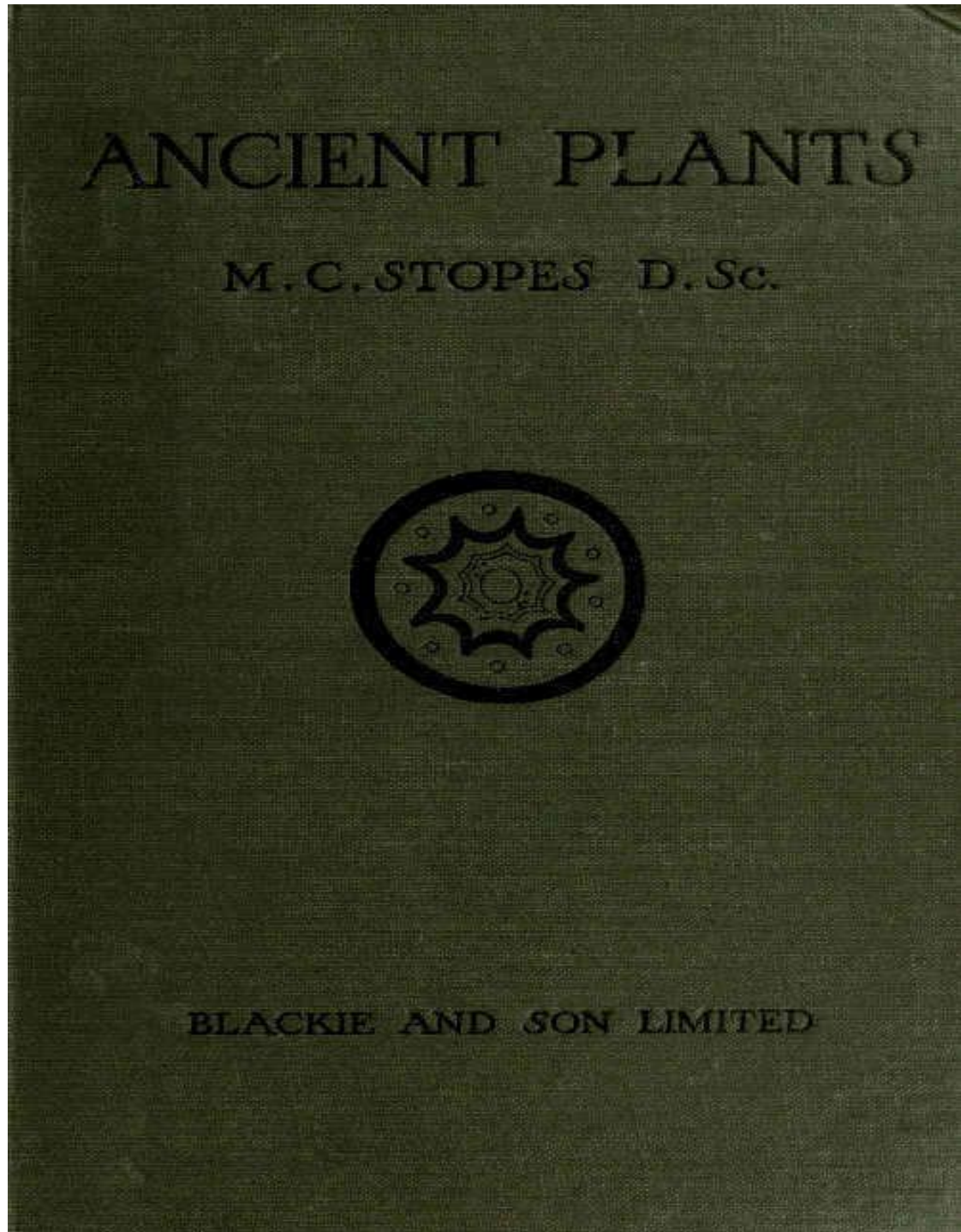


Древние растения

Мари Кармайл Стоупс



Содержание

[ДРЕВНИЕ РАСТЕНИЯ](#)

[Предисловие](#)

[Содержание](#)

[ГЛАВА I ВВЕДЕНИЕ](#)

[ГЛАВА II РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ ИСКОПАЕМЫХ РАСТЕНИЙ](#)

[ГЛАВА III УГОЛЬ, НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЙ ИЗ ОСТАТКОВ РАСТЕНИЙ](#)

[ГЛАВА IV СЕМЬ ЭПОХ ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ](#)

[ГЛАВА V ЭТАПЫ ЭВОЛЮЦИИ РАСТЕНИЙ](#)

[ГЛАВА VI МИКРОСТРУКТУРА ИСКОПАЕМЫХ РАСТЕНИЙ — СХОЖЕСТЬ С СОВРЕМЕННЫМИ РАСТЕНИЯМИ](#)

[Основные типы растительных клеток](#)

[ГЛАВА VII МИКРОСТРУКТУРА ИСКОПАЕМЫХ РАСТЕНИЙ — ОТЛИЧИЯ ОТ СОВРЕМЕННЫХ](#)

[ГЛАВА VIII ИСТОРИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СЕМЕЙСТВ I. Цветущие растения, покрытосеменные](#)

[ГЛАВА IX ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СЕМЕЙСТВ II. Высшие голосеменные](#)

[ГЛАВА X ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СЕМЕЙСТВ III. Беннеттитале](#)

[ГЛАВА XI ИСТОРИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СЕМЕЙСТВ IV. Саговники](#)

[ГЛАВА XII ИСТОРИЯ РАСТЕНИЙ В ПРОШЛОМ V. Птеридоспермы](#)

[ГЛАВА XIII ИСТОРИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СЕМЕЙСТВ VI. Папоротники](#)

[ГЛАВА XIV ИСТОРИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СЕМЕЙСТВ VII. Ликоподы](#)

[ГЛАВА XV ИСТОРИЯ РАСТЕНИЙ VIII. Хвощи](#)

[ГЛАВА XVI ИСТОРИЯ РАСТЕНИЙ IX. Сфенофиллы](#)

[ГЛАВА XVII ИСТОРИЯ РАСТЕНИЙ X. Низшие растения](#)

[ГЛАВА XVIII Ископаемые растения как свидетельства древних стран](#)

[ГЛАВА XIX ЗАКЛЮЧЕНИЕ](#)

[ПРИЛОЖЕНИЕ I СПИСОК ТРЕБОВАНИЙ К ЭКСПЕДИЦИИ ПО СБОРУ ОРГАНИЗМОВ](#)

[ПРИЛОЖЕНИЕ II ОБРАБОТКА ОБРАЗЦОВ](#)

[ПРИЛОЖЕНИЕ III ЛИТЕРАТУРА](#)

[ГЛОССАРИЙ](#)

[СНОСКИ](#)

[УКАЗАТЕЛЬ](#)

[Примечания транскрибатора](#)

[ПОЛНАЯ ЛИЦЕНЗИЯ ПРОЕКТА ГУТЕНБЕРГ](#)

Электронная книга проекта «Гутенберг» « » Древние растения

Эта электронная книга предназначена для бесплатного использования в любой точке США и большинства других стран мира практически без каких-либо ограничений. Вы можете копировать, передавать или повторно использовать ее в соответствии с условиями лицензии проекта «Гутенберг», включенной в эту электронную книгу или доступной онлайн по [адресу www.gutenberg.org](http://www.gutenberg.org). Если вы не проживаете в США, перед использованием этой электронной книги вам необходимо ознакомиться с законодательством страны, в которой вы проживаете.

Название: Древние растения

Автор: Мари Кармайл Стоупс

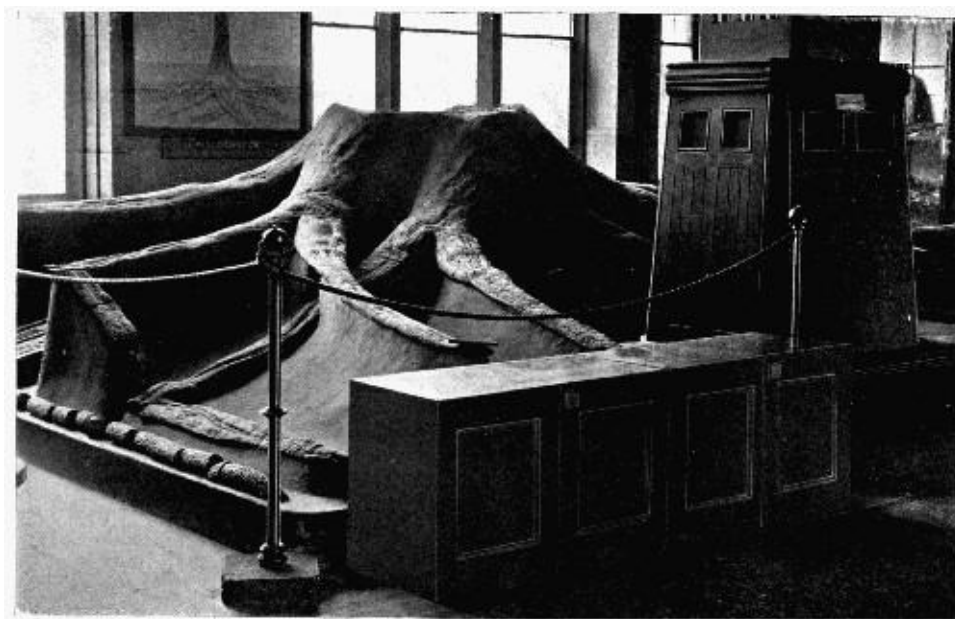
Дата выпуска: 18 октября 2013 г. [электронная книга № 43976]
Последнее обновление: 23 октября 2024 г.

Язык: английский

Благодарности: Произведено Стивеном Хатчесоном, Крисом Керноу и командой онлайн-корректоров <http://www.pgdp.net> (Этот файл был создан на основе изображений, любезно предоставленных The Internet Archive)

*** НАЧАЛО ЭЛЕКТРОННОЙ КНИГИ ПРОЕКТА ГУТЕНБЕРГ «ДРЕВНИЕ РАСТЕНИЯ» ***

ДРЕВНИЕ РАСТЕНИЯ



Фотография образца в Манчестерском музее.

ПЕНЕЛЬ *ЛЕПИДОДЕНДРОНА* ИЗ УГОЛЬНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

ДРЕВНИЕ РАСТЕНИЯ

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОШЛОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЗЕМЛИ И ПОСЛЕДНИХ ВАЖНЫХ ОТКРЫТИЙ В ЭТОЙ ОБЛАСТИ
ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДЫ

МЭРИ С. СТОУПС, доктор наук, доктор философии, член Лондонского общества
Преподаватель палеонтологической ботаники, Манчестерский университет, автор книги «Изучение растительного мира
для молодежи»

ЛОНДОН

BLACKIE & SON, LIMITED, 50 OLD BAILEY, E.C.

ГЛАЗГО И БОМБАЙ

1910

Предисловие

Количество и важность открытий, сделанных за последние пять-шесть лет в области палеонтологической ботаники, в значительной степени изменили облик этой науки и значительно расширили ее горизонты. До относительно недавнего времени довольно узкий взгляд на эту область и технические трудности ее изучения делали ее доступной только для специалистов. Ситуация постепенно изменилась благодаря детальным анатомическим исследованиям, которые удалось провести на углеродных растениях и которые оказались чрезвычайно важными для ботаники. Около десяти лет назад были написаны учебники на английском языке, и эта тема была включена в программу обучения студентов, получающих степень с отличием по ботанике в университетах. Сегодня важное значение результатов этой отрасли науки для ряда других наук, а также ее внутренняя ценность настолько возросли, что любой, кто хоть немного знаком с общей наукой, и в частности с ботаникой и геологией, найдет в ней много интересного для себя.

Не существует ни одной книги на английском языке, которая бы представила эту действительно привлекательную тему неспециалистам, и именно это является целью настоящего тома. Две превосходные книги на английском языке, которые мы имеем, а именно *«Ископаемые растения»* Сьюарда (из которых вышел только первый том, и то десять лет назад) и *«Исследования в области ископаемой ботаники»* Скотта, идеально подходят для студентов старших курсов университетов. Но они написаны для студентов, которые, как предполагается, уже имеют предварительные знания по технической ботанике, и оказываются очень сложными или невозможными для чтения для тех, кто просто знаком с наукой в общем плане, или для менее продвинутых студентов.

Включение ископаемых видов в программу по ботанике Южного Кенсингтона свидетельствует о растущей важности, придаваемой палеоботанике, и поскольку важные факты о некоторых из этих видов не содержатся в просто написанной книге, студенты, готовящиеся к экзамену, могут столкнуться с некоторыми трудностями в получении информации. Кроме того, книга Скотта, единственная современная книга по данной теме, не дает полного обзора предмета, а лишь выбирает наиболее важные семейства для подробного описания.

Поэтому настоящая книга была написана с двойной целью: представить наиболее интересные открытия и общие выводы последних лет и обобщить тему в целом.

Объем информации, собранной о ископаемых растениях, в настоящее время огромен, и самой большой трудностью при написании этой небольшой книги была необходимость исключить многое из того, что представляет большой интерес. Автор с трепетом и опасением ожидает критики со стороны специалистов, которые, вероятно, обнаружат, что многие вещи, которые они считают особенно интересными или важными, были опущены. Надеюсь, что они примут во внимание объем и цель книги. Я стараюсь представить только

структуру, построенную на основе накопленных деталей работы специалистов, а не демонстрировать камень за камнем обнаженный фундамент.

Хотя книга не написана специально для них, вероятно, что студенты университетов могут найти ее полезной в качестве общего обзора всей темы, поскольку в ней многое из того, что можно узнать только из бесчисленных оригинальных монографий.

При написании этой книги были проанализированы все возможные источники информации, и хотя *исследования* Скотта [« » \[1\]](#) естественно легли в основу некоторых глав, посвященных папоротниковым, авторитетными источниками для всей общей части и последних открытий являются многочисленные мемуары, опубликованные многими различными научными обществами здесь и за рубежом.

Поскольку эти страницы в первую очередь предназначены для тех, кто не имеет предварительной технической подготовки, всегда использовался максимально простой язык, соответствующий лаконичному стилю. Необходимые технические термины объясняются либо в контексте, либо в глоссарии в конце книги. Список наиболее важных авторитетных источников не претендует на то, чтобы включать все ссылки, которые могут быть полезны, а лишь указывает на наиболее важные тома и статьи, которые следует прочитать всем, кто желает углубить свои знания по данной теме.

Все иллюстрации были созданы специально для этой книги, и я выражаю глубокую благодарность г-ну Д. М. С. Уотсону, бакалавру наук, за микрофотографии анатомии растений, которые украшают ее страницы. Рисунки и диаграммы являются моей собственной работой.

Эта книга посвящена студентам колледжей, старшеклассникам хороших школ, где эта тема начинает занимать место в высших курсах ботаники, но особенно всем тем, кто интересуется эволюцией растений, потому что она является нитью в паутине жизни, узор которой они хотят проследить.

М. К. СТОПС.

Декабрь 1909 г.

Содержание

ГЛАВА. Страница

[I. ВВЕДЕНИЕ](#) 1

[II. РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ ИСКОПАЕМЫХ РАСТЕНИЙ](#) 6

[III. УГОЛЬ, НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЙ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ](#) 22

[IV. СЕМЬ ЭПОХ ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ](#) 33

[V. ЭТАПЫ ЭВОЛЮЦИИ РАСТЕНИЙ](#) 43

VI. МИКРОСКОПИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ИСКОПАЕМЫХ РАСТЕНИЙ —

[_СХОДСТВО С ЖИВЫМИ РАСТЕНИЯМИ](#) 53

[VII. " " ОТЛИЧИЯ ОТ ЖИВЫХ РАСТЕНИЙ](#) 69

VIII. ИСТОРИЯ СЕМЕЙСТВ РАСТЕНИЙ —

[_\(I\) ЦВЕТУЩИЕ РАСТЕНИЯ](#) 79

[IX. " " \(II\) ВЫСШИЕ ГОЛОСЕМЕННЫЕ](#) 86

[X. " " \(III\) БЕННЕТТИТАЛЕС](#) 102

[XI. " " \(IV\) САГОВНИКИ](#) 109

[XII. " " \(V\) ПТЕРИДОСПЕРМЫ](#) 114

[XIII. " " \(VI\) ПАПОРОТНИКИ](#) 124

[XIV. " " \(VII\) ЛИКОПОДЫ](#) 133

[XV. " " \(VIII\) ХВОЩИ](#) 145

[XVI. " " \(IX\) СФЕНОФИЛЛАЛЬНЫЕ](#) 153

[XVII. " " \(X\) НИЗШИЕ РАСТЕНИЯ](#) 161

[XVIII. ИСКОПАЕМЫЕ РАСТЕНИЯ КАК СВИДЕТЕЛЬСТВА ДРЕВНИХ СТРАН](#) 168

[XIX. ЗАКЛЮЧЕНИЕ](#) 174

ПРИЛОЖЕНИЕ

[I. СПИСОК ТРЕБОВАНИЙ К ЭКСПЕДИЦИИ ПО СБОРУ ОБРАЗЦОВ](#) 183

[II. ОБРАБОТКА ОБРАЗЦОВ](#) 184

[III. ЛИТЕРАТУРА](#) 186

[ГЛОССАРИЙ](#) 188

[СНОСКИ](#) 193

[УКАЗАТЕЛЬ](#) 193

ДРЕВНИЕ РАСТЕНИЯ

ГЛАВА I

ВВЕДЕНИЕ

Знания о растениях, которые на протяжении тысячелетий до появления человека покрывали древнюю Землю, обычно игнорируются или отбрасываются в сторону с презрительным комментарием о скучности и «сухости» ископаемой ботаники.

Действительно, все, что осталось от некогда пышной растительности, — это фрагменты, сохранившиеся в камне, фрагменты, которые часто не представляют особой красоты или ценности для непосвященного глаза; но, тем не менее, эти фрагменты могут рассказать очень интересную историю, если мы разгадаем их значение.

Растения, которые жили, когда мир был молод, не были такими же, как те, которые живут сегодня, но они занимали почти такое же место в экономике природы и были столь же жизненно важными для животных, которые тогда зависели от них, как растения, которые сейчас незаменимы для человека. Сегодня жизнь современных растений интересует многих людей, и даже философы исследуют структуру их тел и размышляют над великими нерешенными вопросами о причинах и ходе их эволюции. Но все растения, которые живут сегодня, являются потомками тех, которые жили несколько лет назад, а те, в свою очередь, произошли от растений, которые населяли мир до появления человеческих рас. Поэтому, если мы хотим познать и понять современную растительность, мы должны изучить историю семейств растений, и нет способа сделать это так просто и прямо (в теории), как исследовать останки растений, которые действительно жили в том прошлом. Однако, когда мы приступаем к этому на практике, мы сталкиваемся со многими трудностями, которые до сих пор отпугивали от попыток изучения всех, кроме энтузиастов, но которые на самом деле не должны нас пугать.

Когда в 1831 году Линдли и Хаттон начали публиковать свою классическую книгу *«Ископаемая флора Великобритании»*, они могли предоставить лишь отдельные фрагменты информации об описанных ими ископаемых, и результаты их работы пролили лишь небольшой свет на теоретические проблемы морфологии и классификации живых растений. С тех пор был достигнут большой прогресс, и теперь совокупность наших знаний по этому предмету, хотя и далека от полноты, настолько значительна и имеет настолько далеко идущее влияние, что становится главным источником вдохновения для нескольких отраслей современной ботаники. Среди многих ученых, внесших вклад в этот запас знаний, первым, поскольку он был пионером в исследованиях по современным направлениям, является Уильямсон, который был профессором Манчестерского университета и чьи монографии и образцы сегодня являются классическими. Все еще жив доктор Скотт, величие которого едва ли меньше, а также постоянно растущее число специалистов в этой стране, которые постоянно делают открытия. За рубежом главными именами на континенте являются Рено, Бертран, граф Сольмс Лаубах, Бронньарт, Цейллер; в Америке — доктор Виланд; при этом существует бесчисленное множество других исследователей в этой

области, которые углубили и расширили каналы информации. Литература по ископаемым растениям в настоящее время обширна; настолько обширна, что для перечисления только названий публикаций потребовался бы очень большой том.

Но, как и записи, оставленные самими растениями, большая часть этой литературы недоступна для чтения никому, кроме специалистов, и ее действительно жизненно важный интерес заключен в окаменелой среде технических терминов. Настоящий том был написан для того, чтобы представить их результаты в более доступной форме.

Сами растения, которые жили и умерли давным-давно, не оставили после себя никаких следов своей формы и характера, или же оставили лишь неполные фрагменты некоторых своих частей, застывшие в твердой породе и часто скрытые глубоко в земле. То, что на нашем пути встречаются такие трудности, не должно отвращать нас от попыток узнать все, чему могут научить нас ископаемые. Многие старые рукописи, которые порваны и частично уничтожены, содержат записи, фрагменты которых более интересны и важны, чем рассказ, изложенный в новой книге. Сама по себе сложность предмета ископаемой ботаники является стимулом к изучению, а препятствия, которые необходимо преодолеть, прежде чем можно будет увидеть древние растения, увеличивают очарование этого путешествия.

Сегодняшний мир почти полностью исследован, но мир, или, вернее, бесчисленные фазы мира прошлого, лежат перед нами практически неизвестными, ошеломляюще манящими своей тайной. Эти нетронутые регионы открываются нам только благодаря окаменелостям, разбросанным по скалам у наших ног, которые дают нам подсказки, ведущие нас по приключенческому пути.

Исследователи окаменелостей животных доказали, что басни о летающих драконах и удивительных морских чудовищах не более удивительны, чем реальные существа, когда-то населявшие Землю; и среди растений такие удивительные чудовища имеют свои аналоги в флоре прошлого. Деревья, которые живут сегодня, появились совсем недавно по сравнению с предками семейств более низших растений, и большинство современных лесных деревьев заняли место, которое когда-то принадлежало чудовищным представителям таких семейств, как ликопоиды и хвощи, которые сейчас являются скромными и исчезающими. На [фронтисписе](#) изображен древний гигант прошлого, и огромный обхват его ствола создает поразительный контраст с слабыми стелющимися ветвями его живых родственников, плаунов.

Следуя за их историей, мы увидим, как одно семейство за другим поднималось, чтобы доминировать в лесу, и в свою очередь уступало место следующей группе. Некоторые из семейств, процветавших давным-давно, имеют живых потомков карликового и хилого роста, другие полностью вымерли, так что о их существовании никто бы и не догадывался, если бы не обломки, погребенные в скалах.

Изучая окаменелости, мы также можем узнать кое-что о ходе эволюции различных частей тела растения, о изменениях, которые оно претерпело за бесчисленные века своего существования. Так же как доминирующие животные прошлого имели тела, лишённые многих черт, которые являются наиболее важными для живых животных, так и ранние растения отличались от тех, которые нас окружают сегодня. Именно сравнительное

изучение живых и ископаемых структур проливает самый яркий свет на факты и факторы эволюции.

Когда изучение ископаемых организмов доходит до мельчайших деталей и охватывает тончайшие нюансы их внутренней структуры, то исследователь ископаемых растений имеет преимущество перед зоологом, поскольку во многих ископаемых растениях сами клетки окаменели с такой совершенностью, которой пока не удалось достичь ни одной ископаемой ткани животных. Под микроскопом самые тонкие растительные клетки, узоры на их стенках, а иногда даже их ядра можно распознать так же ясно, как если бы они были живыми тканями. Значение этого огромно, потому что внешний вид листьев и стеблей часто бывает очень обманчивым, и только когда известны как внешний вид, так и внутренняя структура, можно дать реальную оценку характера растения. В следующих главах ряд фотографий, сделанных через микроскоп, покажет некоторые клеточные структуры ископаемых растений. Такие рисунки, как, например, [рис. 11](#) и [рис. 96](#), иллюстрируют превосходную сохранность, которая часто встречается в окаменелых тканях растений. Действительно, микроскоп становится неотъемлемой частью оборудования ботаника-палеонтолога, как и для исследователя живых растений. Но для тех, кто не собирается специализироваться в этой области, микрофотографии будут достаточно подробными, а в большинстве современных музеев выставлены прекрасно сохранившиеся образцы, структуру которых можно увидеть при помощи лупы.

Сегодня мы осознаем влияние растительности района на его ландшафт и даже на его более фундаментальную природу; мы видим, как растения находятся в тесной гармонии с землями и водами, климатом и почвами мест, которые они населяют. Так было и в прошлом. Следовательно, ископаемые растения района проливают много света на его физические характеристики в эпоху, когда они жили, и на основе этих данных можно составить картину условий региона в эпохи его неписаной истории.

С любой точки зрения, изучение ископаемых значительно расширит знания и понимание живых растений. Эта тема важна не только для ботаников, но и для геологов, хотя и с немного другой точки зрения, а все исследователи прошлого Земли получают от нее более широкие знания в своей области.

Для всех наблюдателей жизни, для всех философов вся история растений, которая становится полной только после изучения окаменелостей и их сравнения или противопоставления живым формам, дает прекрасную иллюстрацию законов эволюции, на которых основана большая часть современных представлений о жизни. Даже тем, чья профессия требует чисто практического мышления, ископаемая ботаника может чему-то научить; например, изучение угля входит в ее сферу. А для всех, кто вообще задумывается о мире, история, рассказанная ископаемыми растениями, является главой в Книге жизни, которую стоит прочитать не меньше, чем любую другую в этом мистическом томе.

ГЛАВА II

РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ ИСКОПАЕМЫХ РАСТЕНИЙ

Большая часть горных пород, составляющих твердую поверхность Земли, образовалась из отложений на дне древних океанов и озер. Земля очень старая, и за время ее существования суша и море, горы и долины формировались и разрушались на одном и том же месте, и именно из ила на дне океана строятся холмы будущего.

Главный ключ к пониманию процессов, происходивших в прошлом, — это ход событий, происходящих на наших глазах сегодня. Следовательно, если мы хотим понять, как формировались породы в древних морях, мы должны отправиться на берега современных морей и посмотреть, что там происходит. Одной из наиболее заметных черт берега является линия обломков, оставленных краем волн; здесь можно найти всевозможные наземные растения, смешанные с морскими ракушками и мусором, растения, которые, возможно, принесло течение из далеких мест. Большая часть мусора (за пределами городов) приносится реками и может быть унесена на некоторое расстояние в море; затем часть его насыщается водой и тонет, а часть приплывает к берегу, где, возможно, будет снова унесена или погребена под грубым песком пляжа. Когда мы исследуем песчаниковые породы или более мелкозернистые камни, которые представляют собой затвердевший ил, мы находим в них остатки ракушек, иногда костей, а также листьев и стеблей растений, которые в свое время образовали обломки на берегу. Действительно, можно сказать, что почти каждая порода, которая не была образована древними вулканами или не была изменена их теплом, несет в себе следы растений или животных. Эти остатки часто очень фрагментарны и трудно распознаваемы, но иногда они почти так же совершенны, как высушенные образцы живых существ. Когда их можно распознать как остатки растений или животных, их обычно называют «окаменелостями», и именно из их свидетельств мы должны узнать все, что можно узнать о жизни в прошлом.

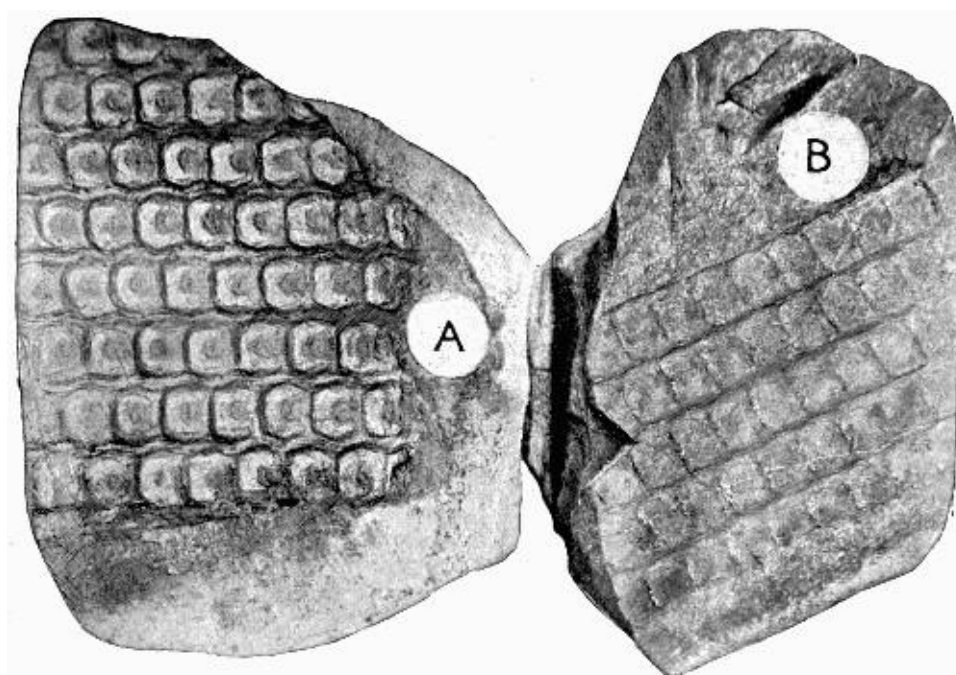


Рис. 1. — Лицо карьера, показывающее слои или «пласты» различных пород, *a*, *b* и *c*. Верхний гравий и почва *s* были разрушены растущими растениями и атмосферой.

Если мы хотим найти такие камни самостоятельно, карьеры являются лучшим местом для этого, так как там обнажены несколько слоев горных пород, и мы можем добраться до свежих поверхностей, которые не были разрушены дождем и бурями. На [рис. 1](#) показана схема карьера и иллюстрируется почти универсальный факт, что пласты горных пород, когда они не нарушены, лежат параллельно друг другу. Скала *a* на рисунке — мелкозернистый известняк, *b* — черный рыхлый сланец, смешанный с песком, и *c* — более чистый сланец. В такой серии скал лучшие окаменелости будут найдены в известняке; его более твердая и мелкая структура лучше сохраняет организмы, чем другие. В известняке можно найти как растительные, так и животные окаменелости, очень часто смешанные друг с другом, как смешаны обломки на берегу. Многие известняки раскалываются по параллельным плоскостям и могут разбиваться на довольно тонкие листы, на поверхности которых особенно хорошо видны сплюснутые окаменелости.

Однако нас интересуют именно растительные окаменелости, среди которых мы находим большое разнообразие форм. Некоторые из них более или менее полные и дают немедленное представление о размере и внешнем виде растения, к которому они принадлежали, но такие окаменелости встречаются редко. Один из самых известных примеров этого типа — основание большого ствола дерева, изображенное на [фронтисписе](#). В случае с такой окаменелостью нет ни тени сомнения, что она является частью гигантского дерева, а его раскидистые корни, простирающиеся горизонтально по земле, наводят на мысль о большой кроне ветвей. Однако большинство окаменелостей гораздо менее информативны, и обычно только тщательное соединение фрагментов позволяет нам получить представление о окаменелом растении.

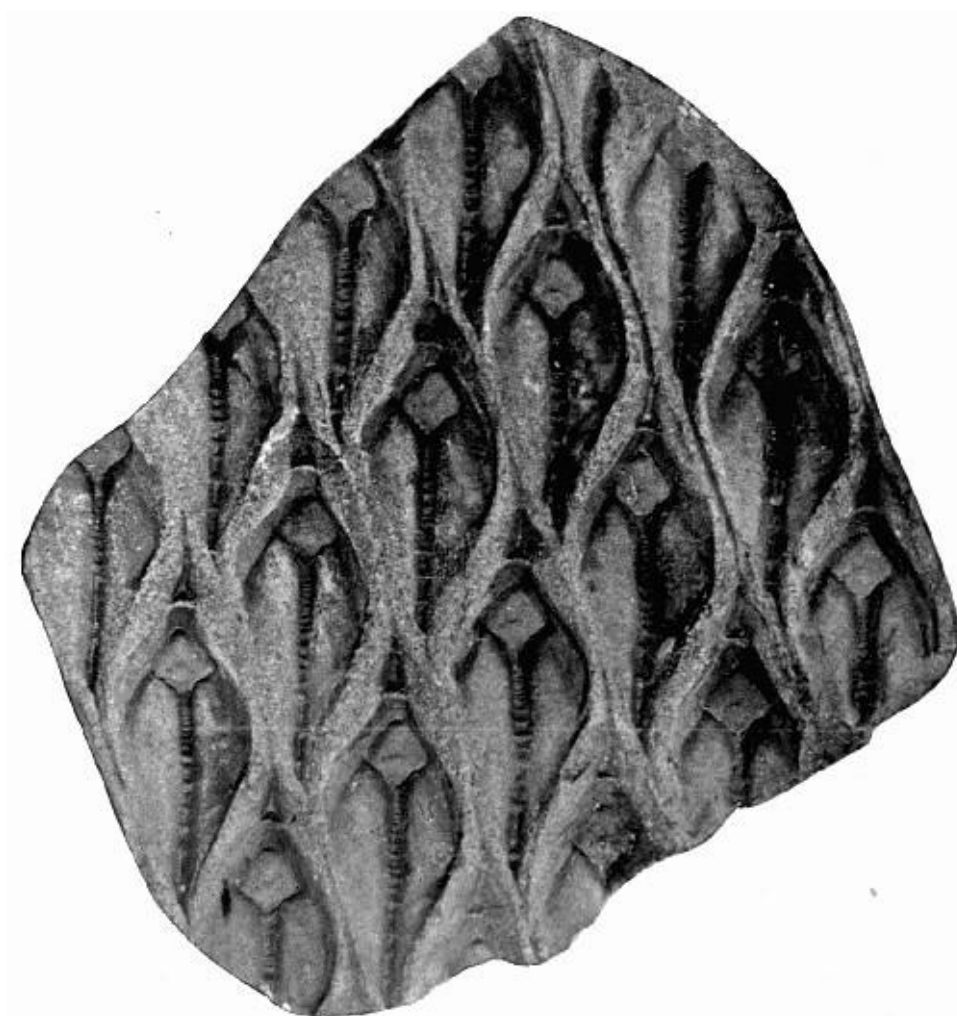
Ископаемое, подобное тому, что изображено на фронтисписе, — и в меньших масштабах этот тип сохранности является одним из самых распространенных — на самом деле не состоит из самого тела растения. Хотя снаружи она выглядит как основание стебля, покрытое корой, вся внутренняя часть состоит из мелкой твердой породы без следов древесной ткани. В таких образцах сохранились форма, размер и вид растения, но не его фактическая структура или клетки. Фактически это СЛЕПОК. Окаменелые слепки, по-видимому, образовались в результате отложения мелкого песка или ила вокруг погруженного в воду пня, который полностью окружал его, как если бы он был закреплен в гипсе; затем дерево и мягкие ткани разложились, а полость заполнилась более мелким илом; постепенно вся кора также разложилась, а ил затвердел, превратившись в камень. Таким образом, каменная форма вокруг растения окружила каменный слепок. Когда эти окаменелости, пролежавшие веками в нетронутom состоянии, извлекают из земли, они настолько твердые и «застывшие», что окружающий камень отслаивается от внутренней части, точно так же, как гипсовый слепок отходит от объекта и сохраняет его форму. Среди ископаемых растений существует много разновидностей слепков. Иногда при разломе камня он раскалывается так, что показывает идеальную форму поверхности стебля, а его обратная сторона остается на камне, как показано на [рис. 2](#). Если бы у нас была только обратная сторона, мы все равно могли бы увидеть форму основания листа, сделав с него восковой отпечаток, хотя в таком ископаемом нет ничего от фактической ткани растения. Иногда слепки оснований листьев показывают детали, сохранившиеся с удивительной четкостью, как на [рис. 3](#). Это иллюстрация листовых рубцов *Lepidodendron*, которые часто



образуют особенно хорошие слепки.

Рис. 2. — А, слепок поверхности, показывающий форму оснований листьев *Sigillaria*; В, обратная сторона отпечатка, оставленного на соседнем слое породы. (Фото.)

В других случаях слепок может просто представлять внутренние полости растения. Чаще всего это происходит в случае стеблей, которые содержали мягкие клетки сердцевины, быстро разлагавшиеся, или с естественно полыми стеблями, как у современных хвощей (*Equisetum*). Мелкий ил или песок, заносившийся в такие полости, полностью заполнял их, и затем, независимо от того, сохранилась ли остальная часть растения, форма внутренней части стебля папоротника () оставалась в виде твердого камня. В тех случаях, когда это произошло, а внешняя часть растения разложилась, не оставив следов, твердый каменный затыльник из центра может выглядеть очень похожим на сам стебель, так как он цилиндрический и может иметь поверхностные отметины, подобные тем, что есть на внешней стороне стеблей. Некоторые слепки этого типа долгое время были загадкой для старых ботаников-палеонтологов, особенно тот, что изображен на [рис. 4](#), где все выглядит



как куча дисков.

Рис. 3. Отливка оснований листьев *Lepidodendron* с четко выраженными деталями. (Фото.)

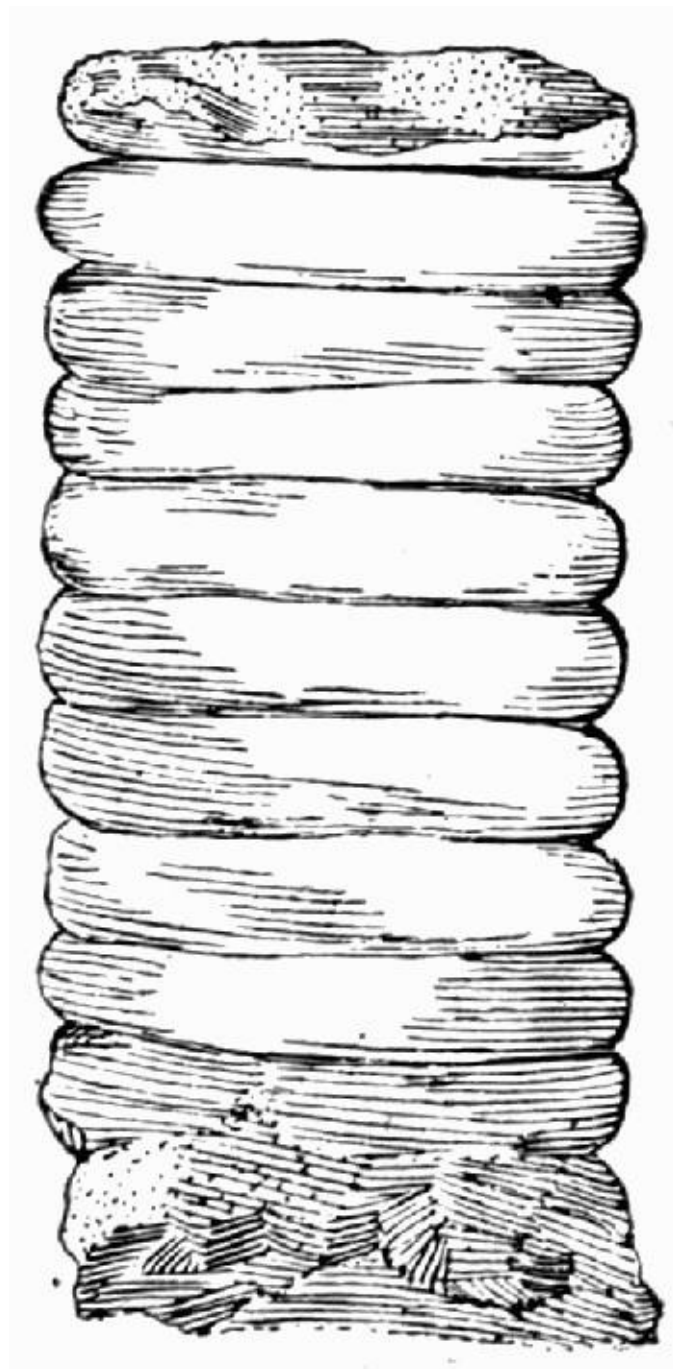


Рис. 4. — «Стернбергия». Внутренний слепок стебля кордаитов.

Истинная природа этого ископаемого была распознана, когда были найдены слепки плана с некоторыми частями дерева, сохранившимися вне слепков; и тогда стало известно, что растение имело полый сердцевинный ствол с поперечными полосами ткани, расположенными через определенные промежутки, которые вызывали любопытные сужения в слепке.



Рис. 5. Отпечатки листьев «папоротника» *Sphenopteris* на сланце. (Фото.)

Другой тип слепков, который часто встречается в некоторых породах, — это слепки семян. Как правило, эти слепки не связаны с какими-либо сохранившимися тканями, но они показывают внешнюю форму или форму каменной части семени. Хорошо известными семенами этого типа являются семена *Trigonocarpon*, которые имеют три характерных ребра по длине камня. Иногда в мелком песчанике, в котором они встречаются, *внутренний* отпечаток находится *встроенным во внешний* отпечаток, и между ними есть небольшое пространство, сейчас пустое, но когда-то содержавшее фактическую оболочку семени, которая теперь разложилась. Таким образом, мы можем потрясти «камень» ископаемого плода, как мы делаем это с сушеными орехами сегодня — внешнее сходство между живым и

ископаемым очень поразительно, но от фактических тканей ископаемого семени ничего не осталось.

Отливки оказали большую услугу ботаникам-палеонтологам, поскольку они часто дают четкое представление о внешнем виде частей, которые они представляют, особенно стеблей, рубцов листьев и крупных семян (). Но все такие окаменелости являются очень несовершенными свидетельствами прошлых растений, поскольку ни одна из фактических тканей растений, ни мелкая анатомия, ни клеточная структура не сохраняются таким образом.

Тип окаменелостей, который часто показывает больше деталей и обычно сохраняет что-то от фактических тканей растения, известен под техническим названием «отпечаток». Эти окаменелости являются самыми привлекательными из всех видов, которые мы находим в скалах, поскольку они часто с удивительной совершенством показывают самые нежные и красивые листья папоротника, как на [рис. 5](#). Здесь растение выделяется черным силуэтом на фоне серого камня, и хорошо видны даже жилки средней жилки и листьев.

На [рис. 6](#) показан другой папоротниковый лист в отпечатке, не совсем плоский, как на [рис. 5](#), но с небольшой естественной кривизной листьев, похожей на их форму при жизни. Хотя это отпечаток, этот образец не относится к типу «прессованных растений», его можно почти описать как *барельеф*.

Иногда отпечатки листьев папоротника бывают очень большими и показывают сильно разветвленные и сложные листья, подобные листьям древовидных папоротников, и могут покрывать большие камни. Они особенно распространены в мелких сланцах над угольными пластами и лучше всего видны в шахтах, поскольку часто бывают слишком большими, чтобы их можно было вынести на поверхность целиком.

В большинстве отпечатков черный цвет обусловлен пленкой углерода, которая представляет собой частично разложившиеся ткани растения. Иногда эта пленка достаточно когезивна, чтобы отделить ее от камня без повреждений. Красивые образцы этого вида можно увидеть в Королевском шотландском музее в Эдинбурге, где свернутый бутон молодого листа папоротника был отделен от камня, на котором он был отпечатан, и закреплен на стекле. Такие образцы можно назвать мумифицированными растениями, поскольку они представляют собой настоящий растительный материал, но настолько разложившийся и увядший, что внутренние клетки больше не являются целыми. В действительно хорошо сохранившихся образцах иногда можно отслоить растительную пленку, а затем обработать ее сильными химическими веществами, чтобы удалить черные атомы углерода, и поместить ее под микроскоп, где можно увидеть фактический контур клеток эпидермиса.

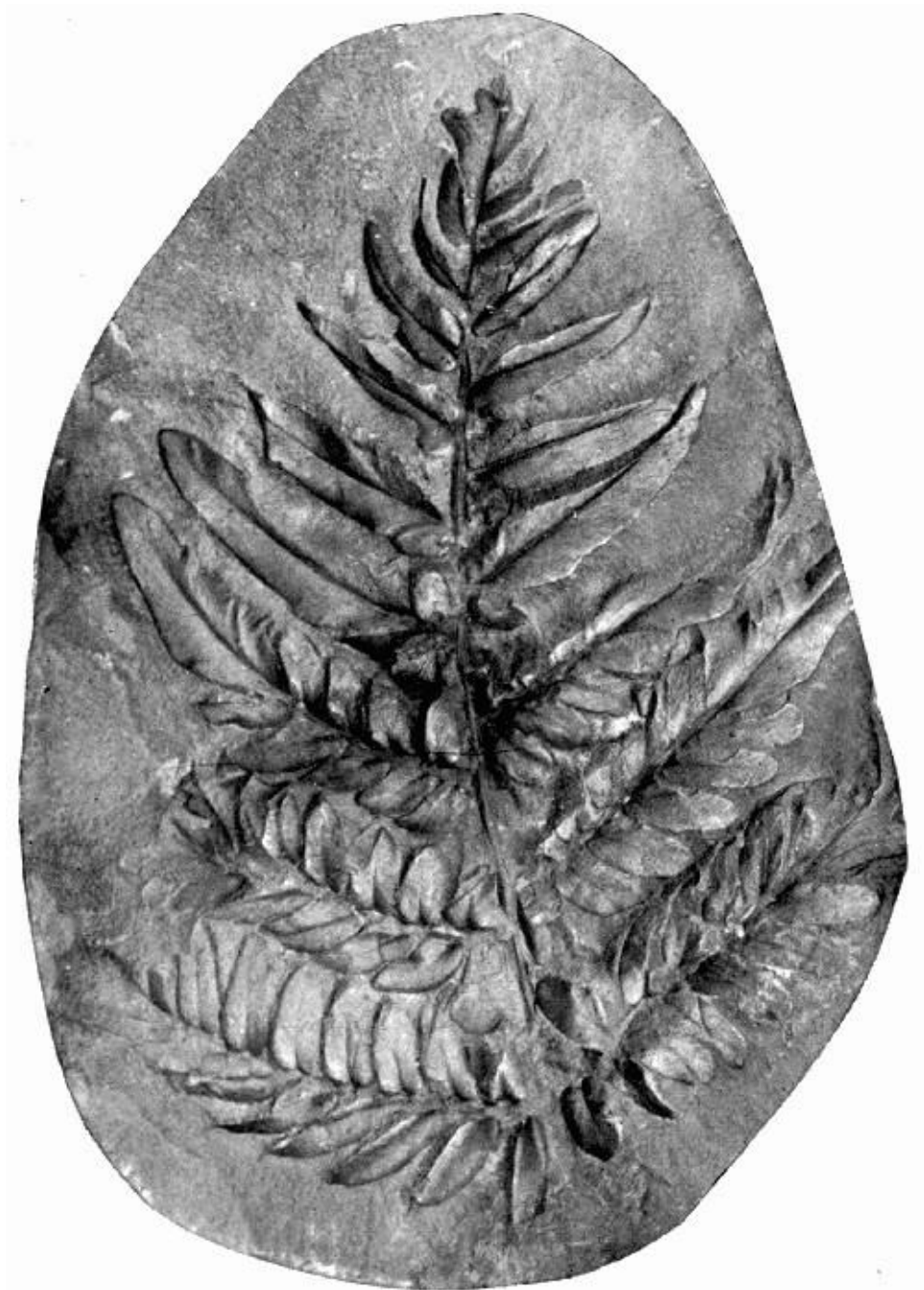


Рис. 6. Отпечаток листа *Neuropteris*, показывающий детали жилок, листья в частичном рельефе. (Фото.)

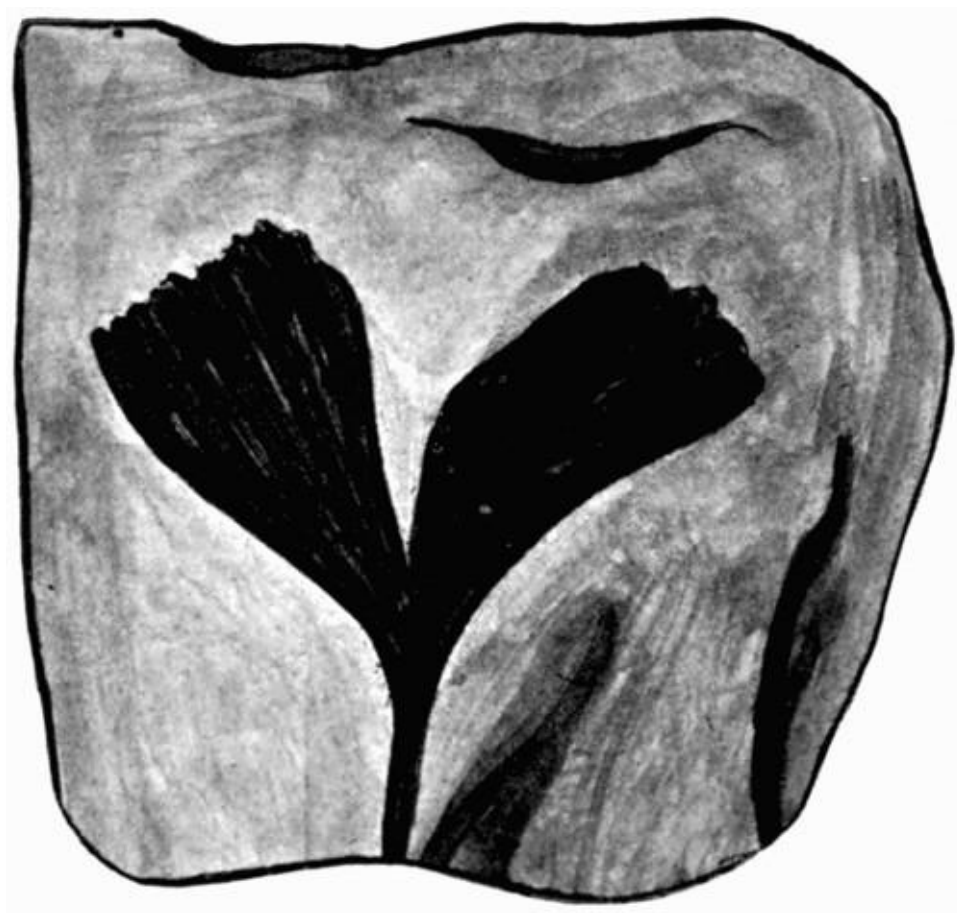


Рис. 7. Отпечаток листа *гинкго*, пленка которого была достаточно прочной, чтобы ее можно было полностью отслоить

На [рис. 7](#) изображен отпечаток листа *гинкго*, и после обработки клетки эпидермиса были хорошо различимы под микроскопом, а устьица (дыхательные поры) также хорошо сохранились. Это показано на [рис. 8](#), где контуры клеток были нарисованы с помощью микроскопа. Однако в таких образцах сохраняется только внешняя кожица, а внутренняя мягкая ткань, жизненно важная анатомия растения, раздавлена и обуглена.

Листья, стебли, корни, даже цветы (в более поздних породах) и семена могут сохраняться в виде отпечатков; и очень часто отпечатки из более поздних пород настолько четкие и совершенные, что кажутся настоящими высохшими листьями, положенными на камень.

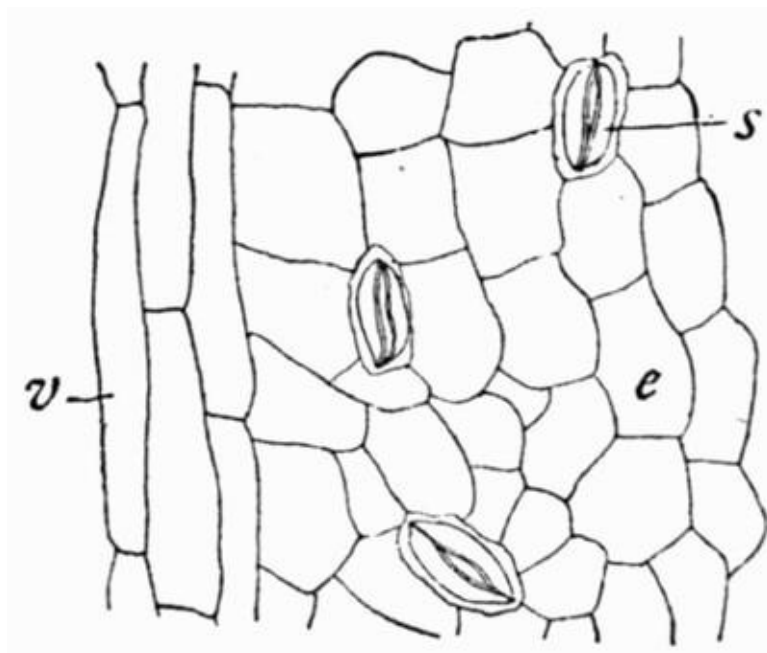


Рис. 8. — Контуры клеток из образца листа, показанного на [рис. 7](#)

e, обычные клетки; *s*, устьица; *v*, удлинённые клетки над жилкой.

Было собрано много доказательств, свидетельствующих о том, что породы, содержащие лучшие отпечатки, первоначально отлагались в спокойных условиях в воде. Это могло быть в пруду или тихом озере, затененном деревьями, или в закрытой бухте моря, где тихо накапливался ил, и когда фрагменты растений падали или дрейфовали в это место, они покрывались мелкозернистым илом без нарушений. В случае тех, которые очень хорошо сохранились, это, должно быть, происходило с значительной быстротой, так что они были изолированы от контакта с воздухом и от вызываемого им разложения.

Отпечатки на тонких пластах мелкой породы можно сравнить с высушенными образцами, зажатыми между листами промокающей бумаги: они сплюснуты, сохранены от разложения, и их детализированные очертания сохранены. Окаменелости такого рода являются наиболее ценными, поскольку дают четкое представление о форме листьев, а когда, как это иногда бывает, сохраняются вместе большие массы листьев или ветви с несколькими прикрепленными к ним листьями, по ним можно реконструировать растение. Именно из таких отпечатков черпается вдохновение для полувывмышленных картин лесов давних времен. Из них также извлекаются многие факты, имеющие первостепенное значение для ученых, о природе и внешнем виде растений, внутренняя анатомия которых известна по другим образцам, а также о связи различных частей друг с другом.

Иногда изолированные отпечатки находят в глиняных шариках или узелках. Когда последние раскалываются, в центре или ядре может обнаруживаться лист или шишка, вокруг которых и образовался узелок. В таких случаях растение часто сохраняется без

сдавливания и может показать мельчайшие детали своей структуры. Однако с микроскопической точки зрения сохранность, как правило, далека от идеальной. На рис. 9 показан один из таких гладких глинистых узелков, расколотый пополам, а внутри него шишка, которая составляла его центр, также расколота пополам и выступающая в рельефе, с четко видимыми чешуйками. Подобные узелки или шарики из глины встречаются и сегодня, образуясь в медленно текущей воде, и, как правило, можно заметить, что они собираются вокруг какого-либо мусора, ракушек или фрагментов растений. Эти узелки особенно хорошо видны в настоящее время в устье реки Клайд, где они образуются с большой скоростью.



Рис. 9. Расколотый глиняный узелок, показывающий две половинки конуса, который был его центром. (Фото.)

Другой вид сохранения — это покрытие всей поверхности растения минеральным веществом, которое затвердевает и таким образом сохраняет *форму* растения. Этот процесс можно наблюдать и сегодня вблизи горячих вулканических потоков, где вода сильно насыщена минералами. В большинстве случаев такие окаменелости оказались малозначимыми для науки, хотя в французских музеях есть несколько интересных экземпляров, которые еще не были полностью изучены. Заслуживающим внимания ископаемым этого типа является *Chara*, которая, растущая массово, иногда сохранялась таким образом в больших количествах, что указывает на существование древнего пруда в этой местности.

Существует целый ряд других типов сохранения среди ископаемых растений, но они представляют меньший интерес и значение и вряд ли заслуживают подробного рассмотрения. Одним из примеров, который следует упомянуть, является янтарь. Это смола старых смолистых деревьев, хорошо известное вещество, которое можно отнести к «ископаемым». Черный янтарь также образуется из растений, а уголь настолько важен, что ему будет посвящена вся следующая глава. Даже черный графит карандашей, возможно, представляет собой растения, которые когда-то жили на этой планете.

Хотя такие останки говорят нам о существовании растений в месте, где они были найдены, в известный период в прошлом, они очень мало говорят о фактической структуре самих растений и, следовательно, очень мало о том, что действительно полезно для ботаника. К счастью, однако, существуют окаменелости, которые сохраняют каждую клетку растительных тканей, каждую из них в идеальном состоянии, раздутую, как при жизни, но замененную камнем, чтобы быть твердой и позволять подготовить тонкие срезы, которые можно изучать под микроскопом. Это растительные окаменелости, которые имеют первостепенное значение для ботаников и ученых, исследующих эволюцию растений. Такие образцы обычно известны как ОКАМЕНЕЛОСТИ.

Иногда небольшие изолированные пни или ветки полностью пропитаны кремнеземом, который заменяет клеточные стенки и полностью сохраняет и упрочняет ткани. Это кремнистое дерево встречается в ряде различных слоев горных пород и может быть обнаружено на берегу в Йоркшире, Сатерленде и других местах, где встречаются такие породы. Когда такой блок разрезают и полируют, годовые кольца и вся тонкая структура или «текстура» дерева становятся такими же заметными, как и в свежем дереве. Из этих окаменелостей также можно вырезать микроскопические срезы, а затем изучать отдельные клетки дерева почти так же хорошо, как и клетки живых деревьев. Особенно примечательным примером окаменелых стволов деревьев является третичный лес Йеллоустонского парка. Здесь окаменелые стволы калифорнийского дуба () выветрились и стоят вместе, как, вероятно, стояли, когда были живыми; конечно, они лишены листьев и ветвей.

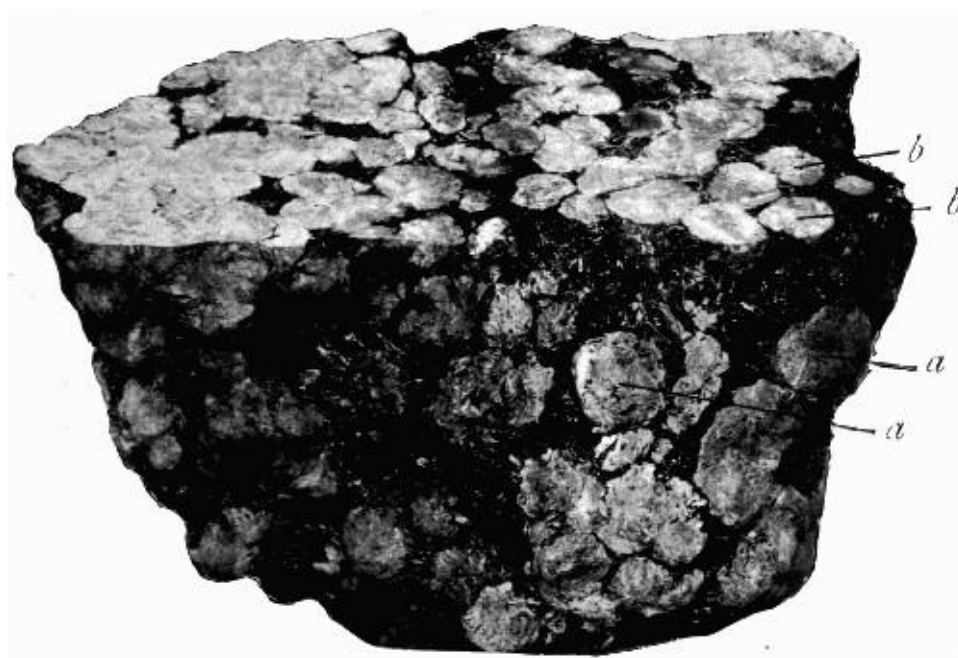
Однако такие образцы, как правило, представляют собой лишь отдельные куски дерева, часто фрагменты больших пней, на которых видны только кольца позднеобразованной древесины. В большинстве случаев невозможно сопоставить их с отпечатками листьев или плодов, поэтому о растениях, которые они представляют, мы знаем только анатомическое строение вторичной древесины и ничего не знаем о листе или общем виде растения в

целом. Следовательно, эти образцы также дают очень неполное представление о растениях, к которым они принадлежали.

К счастью, существует еще один тип сохранения окаменелостей, более совершенный, чем все остальные, и иногда сочетающий в себе преимущества всех остальных. Это особый тип окаменения, который включает в себя не отдельный кусок дерева, а целую массу растительности, состоящую из фрагментов стеблей, корней, листьев и даже семян, иногда всех вместе. Эти окаменелости представляют собой массы лесных обломков, которые лежали так, как упали с деревьев, или были снесены ветром, как это бывает с такими фрагментами. Растительные ткани в таких массах сохраняются так, что даже самые нежные клетки мягких тканей остаются в идеальном состоянии, и во многих случаях срезы настолько четкие, что можно легко обмануться и подумать, что перед вами живое растение.

Очень важные и хорошо известные образцы были найдены во Франции и описаны французскими палеоботаниками. Как правило, эти образцы сохранились в кремнеземе и в настоящее время находятся в нерегулярных массах, по своему характеру напоминающих кремнезем. Однако еще большее значение, отчасти из-за их большего количества, а отчасти из-за объема научных работ, посвященных им, имеют массивы камня, найденные в английских угольных пластах и обычно называемые «угольными шарами».

«Угольные шары» наиболее известны в Ланкашире и Йоркшире, где они чрезвычайно распространены в некоторых шахтах, но они также встречаются в Вестфалии и других



местах на континенте.

Рис. 10. — Масса угля с множеством «угольных шариков», вкрапленных в него

a a, вид с поверхности; *b b*, поперечный разрез. Все промыто кислотой, чтобы угольные шарики выделялись на фоне черного угля. (Фотография Ломакса.)

Внешне «угольные шарики» представляют собой слегка неровные округлые массы, чаще всего размером с картофелину, с черной поверхностью из-за прилипшей к ним угольной пленки. Их размер сильно варьируется: найдены как шарики размером с горошину, так и массы диаметром до полутора футов. Они вкраплены в уголь и сначала не очень легко различимы, поскольку тоже черные, но после промывки кислотой становятся серовато-белыми и тогда их можно ясно различить. На [рис. 10](#) показан кусок угля с исключительно большим количеством «угольных шариков», вкрапленных в него. На этом рисунке хорошо видна их слегка неровная округлая форма. Химический анализ показал, что они состоят из почти чистой смеси карбонатов кальция и магния (), хотя в некоторых образцах содержится значительное количество сульфида железа, а во всех — не менее 5 % различных примесей и некоторое количество углерода.

Важные минеральные соединения, CaCO_3 и MgCO_3 , смешаны в очень разных количествах, и даже в угольных шарах, лежащих довольно близко друг к другу, часто наблюдается большое различие в этом отношении. В каких бы пропорциях ни сочетались эти минералы, это, по-видимому, мало влияет на их консервирующую способность, и в хороших «угольных шарах» они могут полностью заменить и окаменеть каждую отдельную клетку растений, находящихся в них.

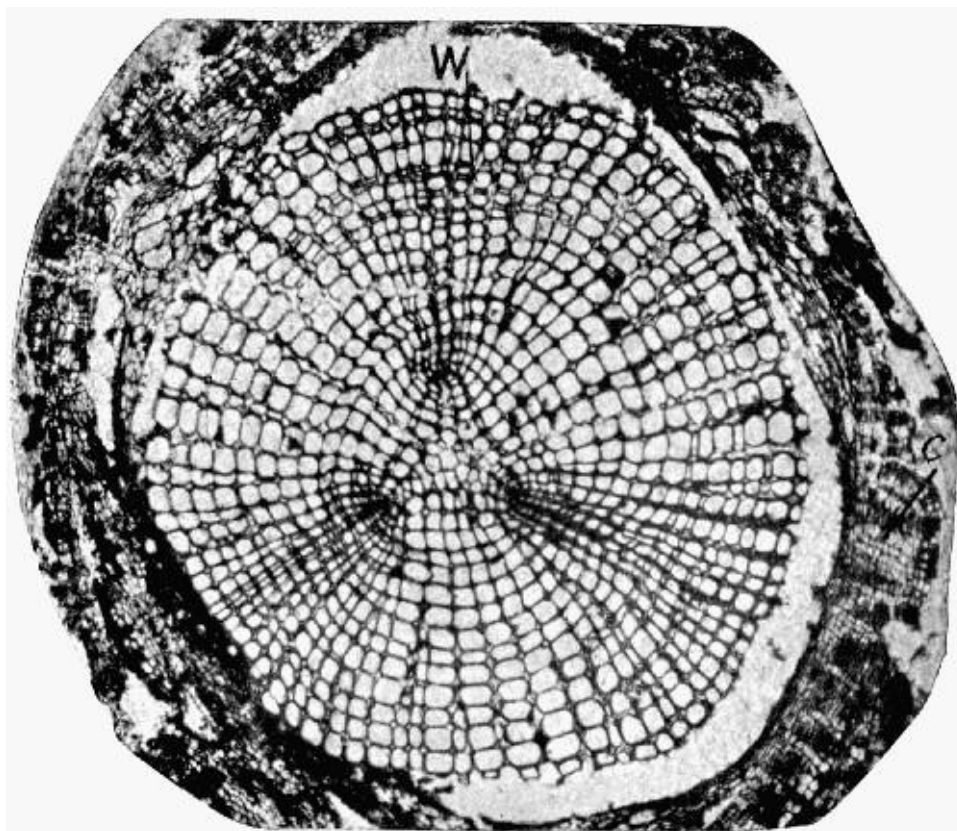


Рис. 11. — Фотография среза стебля *Sphenophyllum* из «угольного шара» Ланкашира, демонстрирующая идеальное состояние древесной ткани

W — древесина; c — кора.

[На рис. 11](#) показан срез поперек древесины стебля, сохранившегося в «угольном шаре», и иллюстрирует степень сохранности, которая не является редкостью. В последующих главах книги « » будут постоянно упоминаться ткани, сохранившиеся в «угольных шарах», и можно заметить, что не только относительно твердые древесные клетки сохранились, но и самые мягкие и молодые ткани также выглядят не поврежденными после долгого пребывания в скалах.



Рис. 12. — Фотография среза почки *Lepidodendron*, на которой видно множество мелких листьев, плотно расположенных вокруг оси. Из «угольного шара»

Особая ценность угольных шариков как свидетельств прошлой растительности заключается в том, что они являются окаменелостями не отдельных растений, а масс растительных остатков. Таким образом, в одном из этих каменных конкреций могут находиться веточки с прикрепленными листьями, кусочки стеблей с плодами и мелкие корешки, прорастающие через массу. Тщательное изучение и сравнение этих фрагментов позволило соединить, кусок за куском, различные части многих растений. Такой образец, как , изображенный на [рис. 12](#), показывает, как сохраняются мягкие ткани молодых листьев и как указывается их взаимосвязь друг с другом и с осью.

До сих пор единственные конкреции типа «угольных шариков», содержащие хорошо сохранившиеся растительные остатки, были найдены в угле или непосредственно над ним и относятся к палеозойской эре (см. [стр. 34](#)). Однако недавние исследования привели к открытию аналогичных конкреций мезозойского возраста, от которых можно многое

ожидать в будущем. Тем не менее, в настоящее время почти все ценные знания о древних растениях мы должны черпать из палеозойских образцов, и в первую очередь из той формы сохранения образцов, которая известна как структурные окаменелости, наиболее распространенными и совершенными примерами которых являются «угольные шары».

ГЛАВА III

УГОЛЬ, НАИБОЛЕЕ ВАЖНАЯ ИЗ ОСТАТКОВ РАСТЕНИЙ

Некоторые из многочисленных форм, которые принимают ископаемые растения, были кратко описаны в предыдущей главе, но теперь необходимо рассмотреть самое важное из них, а именно уголь. Многие из упомянутых до сих пор ископаемых трудно распознать без тщательного изучения, и можно сказать, что все они имеют лишь незначительное влияние на жизнь человека, поскольку они не имеют практического или коммерческого значения, а их научная ценность еще не получила широкого признания. Из всех ископаемых растений большим исключением является уголь. Его коммерческое значение во всем мире не нуждается в пояснениях, а его внешний вид не требует описания, поскольку он используется почти в каждом домохозяйстве. Помимо своего экономического значения, уголь занимает уникальное место среди ископаемых в глазах ученых и представляет особый интерес для палеонтологов.

В Англии почти весь уголь залегает в породах очень древнего возраста (), относящихся к очень отдаленному периоду в истории мира. Породы, содержащие уголь, содержат и другие ископаемые, в основном морских животных, которые характерны для них и для периода, в который они образовались, который обычно известен как «период угольных отложений». Существуют геологические доказательства того, что когда-то угольные пласты были гораздо более распространены в Англии, чем в настоящее время; они были разрушены и уничтожены в течение веков в результате естественных движений горных пород и многочисленных изменений и процессов распада и разложения, которые происходили с момента их отложения. Сегодня остались лишь относительно небольшие угольные месторождения, которые сохранились в впадинах синклиналей. ^[2]

Угольные пласты чрезвычайно многочисленны, и даже один и тот же пласт может сильно различаться по толщине. Наиболее распространенная толщина угля в этой стране составляет от четверти дюйма до пяти или шести футов, но за рубежом есть много пластов гораздо большего размера. Тонкие пласты часто лежат нерегулярно в грубом песчанике; например, их часто можно увидеть в Millstone Grit; но типичные угольные пласты находятся между породами более или менее определенного характера, известными как «крыша» и «пол».

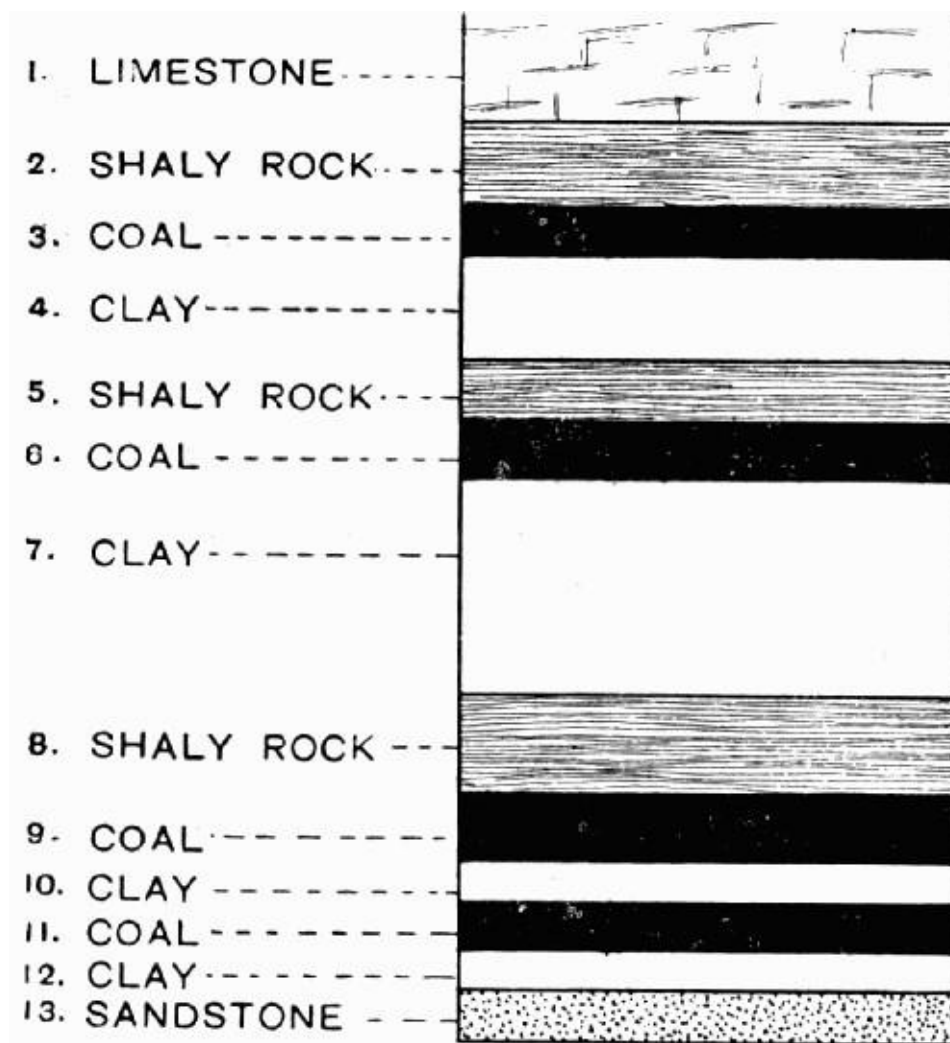
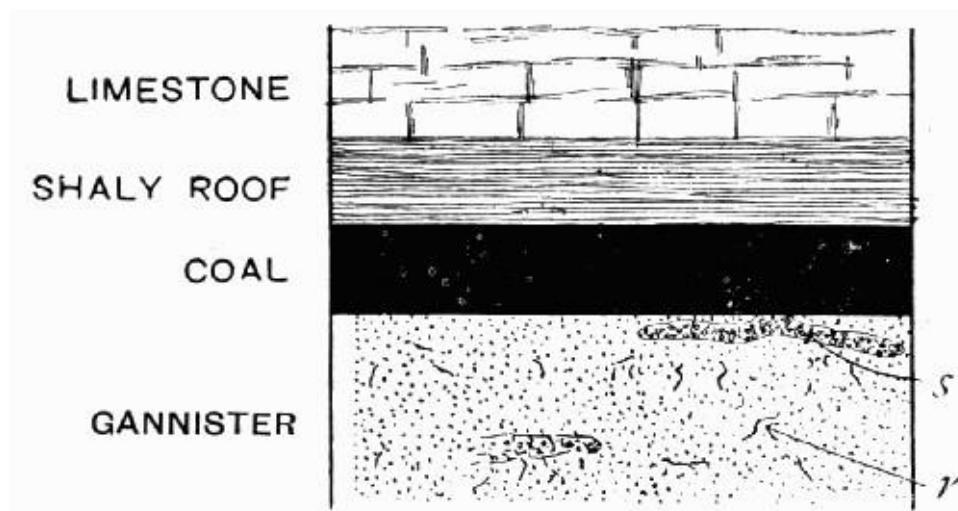


Рис. 13. — Схема ряда параллельных угольных пластов с подстилающими слоями и сланцевыми кровлями различной толщины

Базальты, граниты и подобные породы не содержат угля; угольные пласты, в которых встречаются угольные пласты, как правило, представляют собой известняки, мелкие песчаники и сланцы, то есть породы, которые в своем происхождении были отложены под водой. В деталях почти каждый пласт имеет некоторые индивидуальные особенности, но ниже представлены два типа типичных пластов. Во многих случаях под углем известняковые или песчаниковые породы сменяются мелкими желтоватыми слоями глины, толщина которых варьируется от нескольких дюймов до нескольких футов и которые называются «подстилающими глинами». Эта мелкая глина, как правило, не содержит гальки и крупных обломков различного рода и часто считается почвой, на которой росли растения, образовавшие уголь. Граница между углем и глиной обычно очень четкая, и плотные черные слои каменного угля почти так же резко заканчиваются в верхней части и сменяются сланцевой или известняковой «крышей»; см. [рис. 13](#), слои 5, 6 и 7. Очень часто несколько небольших пластов сходятся, лежа параллельно, а иногда следуют друг за другом

так быстро, что «покров» исчезает, и глинистое дно, за которым следует угольный пласт, сразу сменяется другим глинистым дном и другим угольным пластом, как на [рис. 13](#), слои 10, 11 и 12. Относительная толщина этих пластов также сильно варьируется, и над подстилающим слоем глины толщиной семь или восемь футов угольный пласт может достигать всего нескольких дюймов, в то время как толстый пласт может иметь очень небольшой размер основания. Эти соотношения зависят от такого разнообразия местных обстоятельств со дня их образования, что выяснить причины можно только при тщательном изучении каждого отдельного случая. Однако основная последовательность остается постоянной и иллюстрируется на [рис. 13](#).

Второй тип пласта — это пласт, в котором нижний слой глины отсутствует и заменен либо сланцами, либо особой очень твердой породой мелкозернистой структуры, называемой «ганнистер». В ганнистере обычно можно найти следы корешков и оснований стволов растений, что, по-видимому, указывает на то, что ганнистер был почвой, в которой укоренились растения, образовавшие уголь. Само уголя, как правило, представляет собой очень чистые растительные остатки, хотя между его слоями часто встречаются полосы глинистого камня, называемые «грязевыми полосами». Они особенно заметны в толстых пластах и могут рассматриваться как соответствующие верхним слоям сланца; как если бы, фактически, верхний слой начал формироваться, но достиг лишь незначительного



развития, когда снова началось образование угля.

Рис. 14. — Схема угольного пласта с ганнистером, в котором видны следы корешков *r* и пней корневидных органов *s*

То, что уголь разительно отличается от пород, в которых он находится, очевидно, но само по себе это не является указанием на его происхождение. В настоящее время так широко известно и признано, что уголь является остатками растений, что обычно не приводятся никакие доказательства этого утверждения. Однако интересно и важно собрать все доказательства, подтверждающие это убеждение. Оснований для признания угля

практически чистыми остатками растений много и они разнообразны, поэтому сейчас будут рассмотрены только наиболее важные из них. Наиболее прямое предположение основано на отпечатках листьев и стеблей, которые находятся между его слоями; однако этому противостоит аналогичный случай отпечатков растений, найденных в сланцах и известняках, которые не имеют растительного происхождения, так что можно утверждать, что эти растения попали в уголь так же, как и растения в известняке. Но когда мы исследуем черные отпечатки на известняке или песчанике, можно заметить одну ценную деталь: часто можно отслоить пленку черного углеродистого вещества, лежащую между верхним и нижним отпечатком, толщиной иногда до 3 мм, твердую и блестящую, как уголь. Она повторяет очертания растительной формы отпечатка, и нет сомнений, что этот крошечный «угольный пласт» образовался из растительных тканей. Фактически, это угольный пласт, несущий наиболее явное свидетельство своей растительной природы. Нам остается только представить себе, как это умножено на множество растений, плотно лежащих друг на друге, без минеральных примесей между ними, чтобы понять, что в результате получился бы угольный пласт, подобный тем, которые мы находим в реальности.

В некоторых случаях в самом угле сохраняется определенная часть структуры растений, которые его сформировали, хотя обычно в процессе разложения ткани полностью разлагаются, оставляя только свои обугленные элементы. Химический анализ показывает, что, помимо процента минеральной золы, которая содержится в живых растениях, в чистом образце угля почти нет ничего, что не было бы углеродистым. Все отложения углерода, встречающиеся в природе в любой форме, можно проследить до каких-либо животных или растительных остатков, поэтому логично предположить, что уголь также возник из животных или растительных остатков. Но если бы уголь был животного происхождения, количество минеральных веществ в нем было бы гораздо больше, а также отличалось бы по своей природе; ведь почти все животные имеют скелеты, даже простейшие одноклеточные простейшие часто обладают известковыми раковинами (), губки имеют кремниевые иголки, моллюски — твердые раковины, а высшие животные — кости и зубы. Эти вещества имеют очень стойкую природу и, безусловно, были бы найдены в угле в больших количествах, если бы он образовался из животных. Кроме того, современный торф, который собирается в толстые компактные массы растительного происхождения, показывает, как растения могут образовывать материал, состоящий из карбонизированных остатков. В ходе определенных экспериментов, в которых торф подвергался давлению и нагреванию, из него был получен практически нормальный уголь.



Рис. 15. — Часть угольного шара, показывающая концентрические полосы, характерные для конкреций

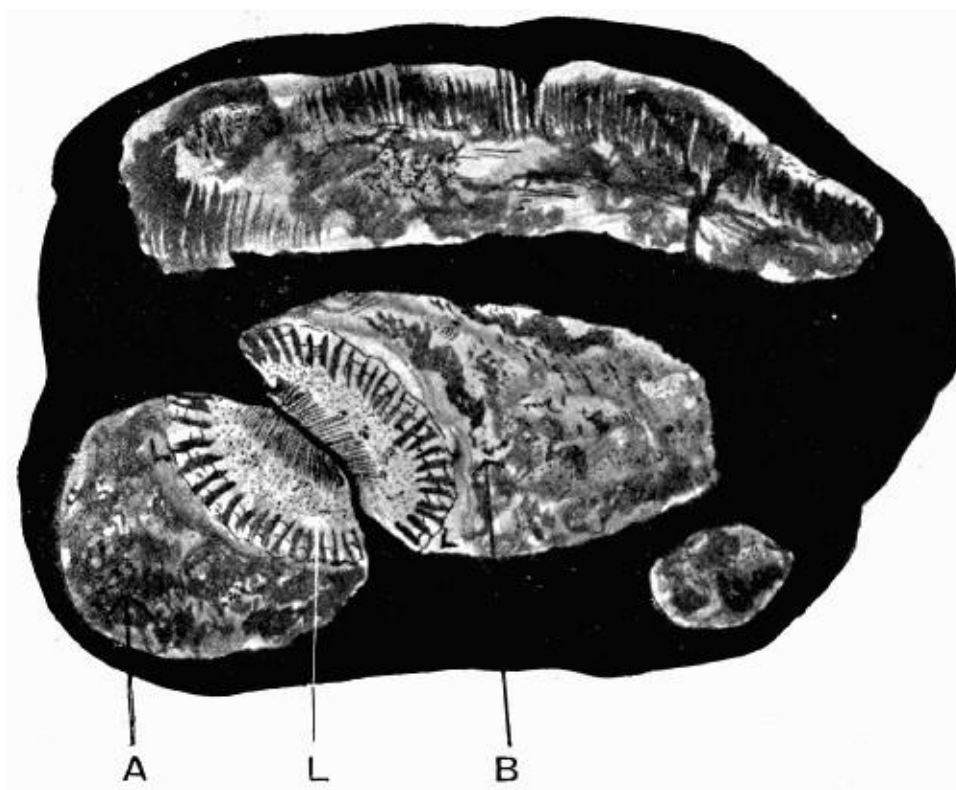


Рис. 16. — Масса угля с угольными шариками А и В, оба из которых содержат часть одного и того же стебля L

Еще одно свидетельство можно найти в структуре «угольных шариков», описанных в последней главе. Эти каменные массы, лежащие в чистом угле, вполне можно было бы считать отдельными от него и не имеющими никакого отношения к его структуре; однако недавние исследования показали, что они фактически образовались одновременно с углем, развиваясь в его массе в виде минеральных конкреций вокруг некоторых растений в [3]

мягкой, насыщенной торфяной массе, которая позже затвердела, превратившись в уголь. Не все «угольные шары» демонстрируют свою конкреционную структуру так ясно, но иногда можно увидеть, что они состоят из концентрических полос или отметин, характерных для обычных минеральных конкреций (см. [рис. 15](#)). Конкреции образуются в результате кристаллизации минералов вокруг некоторого центра, и, вероятно, в угольных пластах, в которых обнаруживаются угольные шары, этот процесс происходил в мягкой растительной массе до ее затвердевания. Недавние исследования показали, что есть веские [4]

доказательства того, что эти пласты образовались в результате медленного накопления растительных остатков под соленой или солоноватой водой в болотах, где росли растения, и что по мере их накопления земля медленно опускалась, пока они не оказались значительно ниже уровня моря и не были покрыты морским илом. В то же время некоторые минералы, присутствующие в морской воде, которые, должно быть, насытили массу, частично кристаллизовались и осаждались вокруг центров в тканях растений, и, окружая их и проникая в них, сохраняли их от разложения до тех пор, пока минеральная структура полностью не заменила клетки, молекула за молекулой. Нет недостатка в доказательствах того, что этот процесс протекал без помех, поскольку на [рис. 16](#) показана масса угля, в

которой лежат несколько угольных шариков, два из которых охватывают части одного и того же растения. Это означает, что вокруг разных центров в одном и том же стебле два конкреции формировались и сохраняли ткани; однако две каменные массы не увеличились достаточно, чтобы соединиться, и оставили часть ткани неминерализованной, которая теперь видна в виде полосы угля. Мы имеем здесь самое важное доказательство того, что угольные шарики действительно образуются в угле и из растений, образующих уголь, поскольку если бы эти угольные шарики попали в уголь в виде гальки или каким-либо образом извне, они не могли бы остаться в таком положении, чтобы лежать рядом, охватывая часть одного и того же стебля. Есть много других деталей, которые можно использовать в этом доказательстве, но эта одна иллюстрация служит для того, чтобы показать важность угольных шариков при рассмотрении теорий происхождения угля, поскольку они являются прекрасно сохранившимися образцами того, чем когда-то была вся угольная масса.

Однако лишь немногие пласты содержат угольные шарики, и о тех, в которых они не встречаются, наши знания очень скудны. Часто предполагается, что отпечатки растений в сланцах над угольными пластами можно считать достоверными образцами тех, которые сформировали сам уголь; но недавно было показано, что в некоторых случаях это ошибочный аргумент, поэтому в целом на него нельзя полагаться. Правда заключается в том, что, хотя уголь является одним из наиболее изученных геологических отложений, мы по-прежнему глубоко невежественны в деталях его образования, за исключением нескольких случаев.

Способ образования угольных пластов описывался многократно и по-разному, и в течение многих лет между сторонниками различных точек зрения велись жаркие дискуссии о достоинствах их теорий. Сейчас известно, что существовало по крайней мере четыре основных способа образования угля (), и различные пласты являются иллюстрацией продуктов различных методов. Во всех случаях требуется больше или меньше воды, поскольку уголь является так называемым осадочным отложением, то есть отложением, которое собирается под водой, как мелкий ил, ил и обломки в озере. Однако следует понимать, что если растительные остатки накапливались в каком-либо месте, а вода приносила песок и ил, то отложения не могли привести к образованию чистого угля, а были бы песчаной смесью с множеством растительных остатков и привели бы к образованию породы, такой как части мельничного жернова, где через камень проходят многочисленные прожилки угля.

Среди различных угольных пластов можно найти свидетельства следующих способов образования угля:

(а) *В пресной воде.* — В стоячих пресноводных озерах или водоемах, с нависающими растениями, растущими на берегах, веточки и листья, которые падали или были занесены ветром в воду, намокали и опускались на дно. Благодаря буйному росту растений, быстро скапливающихся под водой и сохраняющихся там от контакта с воздухом и его разлагающим воздействием, скапливалось достаточное количество растительных остатков для образования пласта. После этого произошли некоторые изменения в местных условиях, и другие отложения покрыли растения и начали накопления, которые в конечном итоге спрессовали растительную массу в уголь.

В пресноводные озера большого размера растения также могли быть принесены реками и ручьями; со временем они промокали, после того как проплывали дальше, чем песок и камни, с которыми они приплыли, и таким образом оседали и образовывали отложения, практически не содержащие ничего, кроме растительных остатков.

(b) В виде торфа. — Сегодня торф обычно образуется на наших вересковых болотах и топях, достигая значительной толщины. По всей вероятности, это также происходило давным-давно, и когда уровень земли изменился, он был покрыт другими отложениями, спрессован и в конечном итоге превратился в уголь.

(c) В соленой или солоноватой воде, растущей на месте. — Деревья и густой подлесок, растущие вместе в соленом или солоноватом болоте, давали большое количество обломков, которые падали в грязь или воду под ними и таким образом были изолированы от воздуха и частично сохранились. Когда условия благоприятствовали образованию угольного пласта, уровень земли медленно опускался, и поэтому, хотя обломки собирались в больших количествах, они всегда оставались чуть ниже уровня воды. В конце концов земля опустилась быстрее, пока растительная масса не оказалась полностью под морской водой, затем на нее осела грязь, и осели материалы, которые впоследствии затвердели, образовав породы кровли. Так произошло с теми пластами, в которых встречаются «угольные шары», и свидетельством того, что морская вода покрыла уголь вскоре после его осадения, являются многочисленные морские раковины, найденные в кровле непосредственно над ним.

(d) В соленой воде, дрейфующий материал. — Стволы деревьев и большие запутанные массы растительности дрейфовали в море по рекам, как и сегодня. Они насыщались водой и в конце концов опускались на некоторое расстояние от берега. (Те, что опускались вблизи берега, не образовывали чистого угля, поскольку с ними смешивались песок и грязь, также принесенные реками и поднятые с дна волнами). Течения приносили большое количество таких растений в одну и ту же область, пока на дне моря не отлагалась большая масса. В конце концов местные условия изменились, и течения принесли грязь или песок, которые покрыли растительную массу и образовали минеральный верхний слой образовавшегося угольного пласта. Существует множество так называемых «намывных углей», которые, по-видимому, образовались исключительно из *спор* растений смолистой природы. Эти структуры, должно быть, были очень легкими и, возможно, проплыли большое расстояние, прежде чем затонули.

Если бы мы могли получить достаточно доказательств, чтобы полностью понять каждый случай, мы, вероятно, обнаружили бы, что каждый угольный пласт представляет собой несколько иной способ образования, что в каждом случае были некоторые местные особенности самих растений и способа их накопления в углеобразующих массах, но вышеупомянутые четыре метода охватывают основные способы образования угля.

Уголь, как мы его знаем сейчас, имеет большое разнообразие качеств. Различия, вероятно, в небольшой степени зависят от разновидностей растений, из которых он образовался, и почти полностью обусловлены многими позднейшими условиями, которые повлияли на уголь после его первоначального образования. Некоторые из этих условий — это различные поднятия и опускания, которым подвергались породы, содержащие уголь, вес пластов, лежащих над угольными пластами, и высокие температуры, которым они могли подвергаться, находясь под значительной глубиной позднее отложенных пород. Влияние

этих и многих других физических факторов на уголь было огромным, но они носят чисто космический характер и относятся к специальной области геологических исследований, поэтому сейчас их нельзя рассматривать подробно.

Вернемся к нашей специальной теме, а именно к самим растениям, которые сейчас сохранились в угле. Их природа и внешний вид, их сходство и мелкая структура могут быть установлены только путем детального изучения, которому будут посвящены следующие главы, хотя в их ограниченном пространстве можно нарисовать только общую картину темы.

Некоторые авторы утверждают, что в период каменноугольного периода растения были более многочисленными и пышными, чем когда-либо до или после этого. Такая точка зрения могла быть высказана только тем, кто рассматривал геологию Англии в отдельности, и в любом случае, похоже, что реальных доказательств в пользу такой точки зрения очень мало. Безусловно, в Европе большая часть угля относится к этому периоду, и для обеспечения огромных масс растительности, которые он представляет, должно было существовать огромное количество растений. Но очевидно, что именно в каменноугольный период на территории, которая сейчас называется Европой, физические условия земли, которые примерно соответствовали современному континенту, были такими, что благоприятствовали накоплению растений (), а постепенное опускание уровня земли также способствовало их сохранению () под быстро сменяющимися отложениями. Из бесчисленных растений, растущих сегодня в Европе, очень немногие имеют шанс сохраниться в виде угля для будущего; таким образом, если физические условия не были подходящими, растения могли расти в больших количествах в любой период времени, но никогда не образовывать уголь. Но теперь, когда геология всего мира становится все более известной, выясняется, что уголь ни в коем случае не ограничивается эпохой угольных отложений. Даже в Европе добываются угли гораздо более позднего происхождения, а за рубежом, особенно в Азии и Австралии, поздние угли имеют очень большое значение. Например, в Японии добываются пласты угля толщиной 14, 20 и даже более футов, относящиеся к третичному периоду (см. [стр. 34](#)), а в Маньчжурии, по имеющимся данным, добывается уголь толщиной 100 футов того же возраста. При рассмотрении этих фактов быстро становится ясно, что все утверждения об уникальной растительной роскоши периода угольных отложений основаны либо на недостаточных доказательствах, либо на их полном отсутствии.

Растения, образовавшие более поздние угольные пласты, должны были иметь в своей структуре многое, что отличалось от растений, образовавших старые угольные пласты Британии, и постепенное изменение характера растительности в течение последующих веков является вопросом первостепенной важности и интереса, который будет рассмотрен в следующей главе.

ГЛАВА IV

СЕМЬ ЭПОХ ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ

Жизнь играла важную роль на Земле в течение бесчисленных лет, продолжительность которых никто не знает точно. Было высказано много предположений и использовано много научных теорий для оценки их продолжительности, но они остаются непостижимыми. Когда цифры становятся огромными, они перестают иметь для нас какое-либо значение, поскольку человеческий разум не может понять значимость огромных чисел, безграничного пространства или вечности времени. Поэтому, оглядываясь на историю мира, мы не можем даже приблизительно определить даты событий, и лучшее, что мы можем сделать, — это говорить только о великих периодах как об единицах, относительное положение и относительную продолжительность которых мы можем в какой-то степени оценить.

Те, кто изучал геологию, которая является наукой об истории мира с момента его зарождения, дали названия великим эпохам и их основным подразделениям. Мы не будем заниматься более мелкими периодами и подразделениями более крупных, поскольку для нашего изучения растений достаточно будет распознать основную последовательность прошлого времени.

Основные подразделения практически универсальны, и свидетельства их существования и характера существ, живших в них, можно найти по всему миру; однако более мелкие подразделения часто могут быть локальными или иметь значение только на одном континенте. Для специалиста даже самые мелкие из них имеют важное значение и являются звеном в цепи доказательств, без которого он не может обойтись; но в настоящее время нас интересуют только общие черты истории растений этих периодов, поэтому мы не будем

^[5]утруждать себя ненужными деталями. В соответствии с некоторыми заметными изменениями в характере растительности мы выделяем семь важных подразделений геологического времени, которые будем принимать за единицы измерения и которые представлены в следующей таблице:

Кайнозой

I. Настоящее время.

II. Третичный период.

Мезозой

III. Верхний мел (или крейда).

IV. Остальная часть мезозоя.

V. Новый палеозой, включая

пермский период.

Каменноугольный период.

Девонский период.

Палеозой

VI. Старший палеозой.

Эозой

VII. Архей.

Фактическая продолжительность этих различных периодов была очень разной. Эпоха современности только начинается и похожа на тонкую линию по сравнению с широкими полосами прошлых эпох. Самым длинным из периодов является архей, и даже древний палеозой, вероятно, длиннее всех остальных вместе взятых. Однако он настолько далек, а сформировавшиеся в нем породы сохранили так мало разборчивых растительных структур, так мало образцов, которые являются чем-то большим, чем просто фрагментами, что мы очень мало знаем о нем с точки зрения растительной жизни того времени. Он включает в себя огромные неопределенные эпохи, когда начали развиваться растения, и более поздние, когда процветали многие виды животных, а растения также были большими и важными, хотя мы не знаем их структуры. Из всех семи разделов времени мы можем сказать меньше всего о двух самых ранних, просто потому, что нам нечего сказать, основанного на фактах, а не на теоретических выводах.

Хотя эти периоды кажутся четко разграниченными друг от друга, если смотреть на них с большого расстояния, они, конечно, являются лишь произвольными разделами одной длинной, непрерывной серии медленных изменений. Природа не склонна к резким изменениям и внезапному прекращению одного периода — будь то день или эон — и переходу к другому, и так же, как времена года плавно перетекают одно в другое, так же перетекали и великие периоды прошлого. Таким образом, хотя между растениями, типичными для каменноугольного периода и мезозоя, существует сильный и очень очевидный контраст, растения пермского периода в некоторой степени являются промежуточными, и между началом пермского периода и концом каменноугольного — если судить по флоре — часто трудно определить границу.

Необходимо понимать, что почти любой участок суши — например, север Англии — по крайней мере более одного раза находился под водой, а затем вновь поднялся над уровнем моря. Твердые породы, из которых состоят современные холмы, образовались из ила и обломков на дне океана, а после своего образования давно увидели дневной свет на поверхности суши и снова погрузились, чтобы быть покрытыми новыми отложениями, возможно, даже во второй или третий раз, прежде чем поднялись на поверхность в настоящее время. Однако все эти глубокие изменения происходили настолько медленно, что если бы мы жили тогда, мы не почувствовали бы никакого движения, так же как мы не

чувствуем никакого движения сегодня, хотя земля продолжает меняться вокруг нас. Большие изменения между сушей и водой на обширных территориях в некоторой степени обозначают основные периоды, приведенные в таблице на стр. [34](#), поскольку после каждого большого затопления поднимающаяся земля, по-видимому, стала пристанищем для растений и животных, несколько отличающихся по своим характеристикам от тех, которые обитали на ней ранее. Аналогичным образом, когда следующее затопление отложило больше пород известняка и песчаника, они заключили в себе раковины некоторых существ, отличных от тех, которые ранее обитали в морях этого региона.

На протяжении всех периодов фактически образовавшиеся породы очень похожи — это сланцы, известняки, песчаники, глины. Когда в каких-либо породах не сохранилось ни растительных, ни животных остатков (), почти невозможно определить, к какой эпохе они относятся, за исключением сравнительного изучения их положения по отношению к другим породам, в которых сохранились окаменелости. Это зависит от того факта, что физические процессы образования пород на протяжении всей истории Земли протекали практически так же, как и в настоящее время. Под действием просеивающей силы воды мелкий ил, песок, галька и другие обломки отделяются друг от друга и собираются в массы по типу. Мелкий ил затвердевает в сланцы, песчинки, скопившиеся вместе, затвердевают в песчаники и так далее, и когда, поднявшись снова, чтобы сформировать сушу, они разбиваются ветром и дождем и снова попадают в море, они снова оседают подобным образом и образуют новые сланцы и песчаники; и так далее бесконечно. Но в то же время живые существа, как растения, так и животные, меняются, растут, эволюционируют, и листовая ветка, принесенная с песчинками в разлившейся реке одной эпохи, отличается от той, что принесена рекой следующей эпохи, хотя может случиться, что песчинки были одними и теми же. И поэтому по остаткам растений и животных в скале мы можем определить, к какой эпохе она принадлежала. Конечно, если только готовые окаменелости из более ранней эпохи не смешались с ней, принесенные в виде гальки в разлившейся реке — но это тонкий момент геологического значения, который мы не можем здесь рассматривать. Такие случаи почти всегда можно распознать, и они не влияют на основное утверждение.

Из различных эпох в качестве окаменелостей сохранились почти исключительно растения, которые росли на суше или, по крайней мере, на болотах и маршах вблизи суши. Водных растений в широком смысле, включая как растущие в пресной воде, так и в море, у нас сравнительно мало. Этот недостаток особенно заметен в случае морских водорослей, поскольку они фактически росли в той самой среде, в которой сформировалась большая часть горных пород, и которая, как мы знаем из недавних экспериментов, действует как консервант для тканей наземных растений, погруженных в нее. Однако следует помнить, что почти все растения, растущие в воде, имеют очень мягкие ткани и, как правило, небольшие размеры и нежную структуру по сравнению с наземными растениями, и поэтому у них меньше шансов сохраниться, а также меньше шансов быть распознанными сегодня, если бы они сохранились. Отпечаток мягкой пленки водоросли на камне будет очень слабым по сравнению с отпечатком кожистого листа или древесной веточки наземного растения.

Конечно, есть исключения, и, как будет отмечено позже (см. [главу XVII](#)), существуют ископаемые морские водоросли и ископаемые пресноводные растения, но в целом мы можем считать, что ископаемые, с которыми мы будем иметь дело и которые дают важные

свидетельства, — это ископаемые суши, которые были унесены в море, во многих случаях когда они находятся в скалах вместе с морскими раковинами.

Давайте теперь очень кратко рассмотрим основные черты семи эпох, которые мы называли главными периодами времени. Растительность КАМЕННОУГОЛЬНОГО ПЕРИОДА нам известна лучше, чем растительность любого другого периода, за исключением современности, поэтому она станет лучшей отправной точкой для нашего рассмотрения.

В этот период, как и сегодня, существовали океаны и континенты, высокие и низкие земли, реки и озера, то есть все физические особенности современного мира, но все они находились в других местах, чем сегодня. Если мы ограничимся Великобританией, то обнаружим, что в тот период крайний север, Шотландия, Уэльс и Чарнвуд были возвышенностями, но большая часть южной территории была покрыта равнинными болотами или мелкими заливами, где уровень земли постепенно менялся, медленно опускаясь в одних местах и медленно поднимаясь в других, которые позже также начали опускаться. На этой территории, где только могли, росли многие растения, все отличавшиеся от ныне живущих. Ни одно из них не цвели. Несколько семейств давали семена особым образом, сильно отличающимся от большинства семеноносных растений сегодняшнего дня. Наиболее распространенным типом деревьев были те, пни которых изображены на [фронтисписе](#), и которых было много разных видов. Эти растения, хотя и были похожи по размеру и некоторым другим параметрам на современные большие деревья, принципиально отличались от них и принадлежали к очень примитивному семейству, от которого сейчас осталось лишь несколько небольших представителей, а именно ликоподиевые. Многие другие большие деревья были похожи на сильно увеличенные «хвощи» или *Equisetums*; были также семеноносные голосеменные растения, которые сейчас вымерли. Было много видов папоротников, основные из которых принадлежат к совершенно вымершим семействам, а также несколько других растений, не имеющих аналогов среди современных. Из этого можно судить, что растительность была богатой и разнообразной, и что, поскольку существовали высокие деревья с семенами, растения уже были очень высокоразвитыми. Действительно, за исключением самой высокой группы из всех, цветковых растений, практически все основные группы, известные в настоящее время, были представлены (). Флора девонского периода была очень похожа по своим основным характеристикам.

Если это так, то может показаться неудовлетворительным помещать все предыдущие зоны под одним заголовком «ДРЕВНИЙ ПАЛЕОЗОЙ». И действительно, очень неудовлетворительно быть вынужденным поступать так. Из изучения окаменелостей животных мы знаем, что этот период был очень длительным и что в нем было несколько четко определенных периодов, в течение которых многие группы животных эволюционировали и вымерли после достижения своего наивысшего развития; но о растениях мы знаем так мало, что не можем провести никаких временных разделений, которые были бы действительно полезны для их понимания.

Ископаемые растения раннего палеозоя существуют, но их крайне мало по сравнению с последующим периодом, и эти немногие не дают почти никакой информации. В более поздних отделах докарбонового периода некоторые растения, по-видимому, принадлежат к тем же родам, что и растения карбонового периода. Есть папоротник, характерный для одного из ранних периодов, и есть несколько довольно неопределенных отпечатков,

которые можно считать морскими водорослями. Есть также свидетельства того, что даже одна из высших групп, производящих семена (*Cordaiteæ*), была в полном расцвете задолго до начала каменноугольного периода. Таким образом, хотя мы мало знаем о растениях древнего палеозоя, мы можем предположить некоторые важные факты: в этот период, вероятно, развивались растения, которые были важны в девонском и каменноугольном периодах; в начале этого периода они не существовали, и земля была покрыта только более простыми видами; а еще раньше даже более простые виды еще не развились.

Многим фрагментам окаменелостей были даны названия, но с практической точки зрения мы могли бы и обойтись без них. На данный момент реальные растения древнего палеозоя остаются в туманной неизвестности, мы можем только представлять их форму, но не знать ее наверняка.

С другой стороны, о более поздних периодах, тех, что следуют за каменноугольным периодом (), мы знаем немного больше. Однако для всех этих периодов, даже для третичного периода, непосредственно предшествующего современности, наши знания гораздо менее точны и гораздо менее подробны, чем для того уникального периода, которым является сам каменноугольный период.

Характерные растения каменноугольного периода сильно отличаются от современных, и все растения того времени сейчас вымерли. В последующие периоды основные типы растительности изменились, и с каждым последующим изменением происходил шаг вперед к стадии, достигнутой в настоящее время.

Пермский период, с геологической точки зрения, был переходным периодом. К концу каменноугольного периода произошло много важных земных движений, которые подняли уровень суши и привели к образованию водоема на территории современной Восточной Европы, а также к образованию континентальной области с внутренними морями. Многие роды каменноугольного периода просуществовали в пермском периоде, а затем вымерли, в то время как другие вымерли в связи с изменением физических условий. Семенные растения стали относительно более важными, и хотя род *Кордаиты* вымер в конце периода, его сменило растущее число других, более продвинутых видов.

Когда мы переходим к более древним мезозойским породам, мы видим, что в Англии, по крайней мере, была область, которая снова медленно затоплялась. Более важные из сохранившихся растений, которых, к сожалению, слишком мало, относятся к типу, который еще не появлялся в более ранних породах, и в некотором смысле похожи на современные *саговники*, хотя имеют много признаков, принципиально отличающих от любого современного типа. В растительности этого времени, по-видимому, преобладали растения, похожие на саговники, и их, безусловно, можно считать характерной чертой этого периода. Великие лycopодиевые и хвощевидные деревья каменноугольного периода теперь представлены только более мелкими особями тех же групп, и практически все роды, которые процветали в каменноугольный период (), вымерли.

Однако саговникоподобные растения были гораздо более многочисленными, разнообразными по характеру и широко распространенными, чем когда-либо в последующие периоды. Тем не менее, цветы (в том смысле, в каком мы понимаем это слово сегодня) еще не появились, или, по крайней мере, у нас нет никаких указаний в каких-либо

обнаруженных до сих пор окаменелостях на то, что настоящие цветы появились до конца этого периода (см., однако, главу X).

Более поздний мезозойский или верхний меловой период представляет собой относительно глубокую морскую область над Англией, и образовавшиеся тогда породы теперь известны как мел, который был отложен под океаном значительных размеров, вода которого, должно быть, была прозрачной и в целом свободной от обычных обломков, поскольку мел является удивительно однородным отложением. С точки зрения истории растений, верхний мезозойский период примечателен тем, что в нем цветущие растения внезапно заняли важное место. Отложения этого периода (хотя и очень разной физической природы) известны во всем мире, и в них хорошо представлены отпечатки листьев и плодов или их слепки. Листья принадлежат как однодольным, так и двудольным растениям, а роды обычно прямо сопоставимы с ныне живущими и иногда настолько похожи, что кажутся принадлежащими к одному роду. Группы голосеменных растений, образующие шишки, все еще присутствуют и представлены рядом форм, но их разнообразие гораздо меньше, чем у групп цветковых растений, в то время как растения, похожие на саговники, которые были так важны в нижнем мезозое, имеют относительно мало представителей. Кажется, что произошел внезапный скачок от безцветковой растительности нижнего мезозоя к флоре верхнего мезозоя, которая поразительно похожа на современную.

Третичный период был коротким (с геологической точки зрения и по сравнению с предыдущими периодами), и в течение него уровень суши снова постепенно поднялся, претерпев множество крупных серий землетрясений, которые сформировали большинство горных цепей в Европе, которые существуют и по сей день. Во многих отложениях этого периода, содержащих растительные остатки, мы находим образцы, указывающие на то, что флора была очень похожа на современную, и что цветущие растения занимали доминирующее положение в лесах, как и сегодня. Фактически, с точки зрения эволюции растений, разделение третичного периода и современности является почти произвольным и ненужным, поскольку основные черты растительности очень похожи. Однако существуют такие важные различия в распределении растений третичного периода () и современности, что такое разграничение целесообразно; но всегда следует помнить, что оно несопоставимо с широкими различиями между другими эпохами.

Среди ныне живущих растений мы находим представителей большинства, хотя и не всех, великих *групп* растений, процветавших в прошлом, хотя с течением времени все виды изменились, а виды самых ранних периодов Земли вымерли. Относительная важность различных групп сильно меняется в разные периоды, и по мере продвижения во времени мы видим, что доминирующее место в растительном мире занимают все более продвинутые типы, в то время как растения, доминировавшие в более ранние эпохи, сокращаются и занимают подчиненное положение. Например, великие деревья каменноугольного периода принадлежали к семейству ликоподиевых, которые сегодня представлены небольшими травами, ползущими по земле. Цикадоподобные растения мезозойской эпохи, которые росли так пышно и в такой разнообразии, сегодня ограничены небольшим количеством видов, разбросанных по всему миру в изолированных местностях.

На протяжении всех известных нам периодов существовала богатая и пышная растительность, состоящая из деревьев, крупных папоротников и мелких трав различных видов, но представители этой растительности претерпели фундаментальные изменения

вместе с изменением Земли, и, в отличие от Земли в ее скалообразовании, они никогда не повторялись ().

ГЛАВА V

ЭТАПЫ ЭВОЛЮЦИИ РАСТЕНИЙ

Попытка обсудить *причины* эволюции выходит далеко за рамки настоящей работы. В настоящее время мы должны принять жизнь такой, какая она есть, наделенную бесконечной способностью к изменениям и постоянным стремлением к прогрессу. Мы можем лишь в некоторой степени изучать *ход* этих изменений.

С самых примитивных начал самых ранних периодов был сделан огромный прогресс, прежде чем мы получили какие-либо подробные записи о формах. Тем не менее, в современном мире остается множество мест, где виды с самой простой структурой все еще могут процветать и успешно конкурировать с более высокими формами. Многие места, которые с точки зрения высших растений являются нежелательными, хорошо подходят для низших. Такие места, как, например, море, а на суше — небольшие укромные уголки, где собираются капли воды, которые бесполезны для высших растений, вполне подходят для мелких форм. В некоторых случаях низшие растения могут расти в таких массах, что захватывают целый район и не дают расти там высшим растениям. Хвощ (*Equisetum*) делает это с помощью обширной системы подземных корневищ, которые дают растению очень прочное сцепление с участком земли, благоприятным для него, так что цветущие растения могут быть полностью лишены возможности расти там.

В таких местах, благодаря различным факторам, на земле сейчас процветают растения, которые представляют практически все основные стадии развития растительной жизни в целом. Именно изучению более простых форм жизни мы обязаны большинством наших представлений о ходе эволюции. Если бы мы полагались только на ископаемые остатки, мы были бы почти полностью невежественны в отношении самых ранних типов растительности и всех более простых групп растений, потому что их крошечный размер и очень хрупкая структура всегда делали их непригодными для сохранения в камне. В то же время, если бы мы не обладали знаниями о многочисленных ископаемых формах, которыми мы сейчас располагаем, в этой серии были бы большие пробелы, которые не смогло бы восполнить никакое изучение живых форм. Только путем изучения и сравнения как живых, так и ископаемых растений всех видов и из отложений всех возрастов мы можем получить истинное представление о всей схеме растительной жизни.

Сгруппировав все основные семейства растений, которые, как нам известно, существуют или существовали в настоящее время, мы получаем следующую серию:

Группа. Типичные примеры семейств в группе.

Таллофиты

Водоросли

Морские водоросли.

Грибы

Плесневые грибы и поганки.

Бриофиты

Печеночники

Печеночники.

Musci

Мохи.

Pteridophyta

Equisetales

Хвощи.

Sphenophyllales*

только ископаемые, *Sphenophyllum*.

Lycopodales

Плауны.

Filicales

Папоротник.

Pteridospermæ

Lyginodendræ*

только ископаемые, *Sphenopteris*.

Gymnosperms

Cycadales

Саговники.

Беннеттиталес*

только ископаемые, *Bennettites*.

Гинкговые

Гинкго.

Cordaitales*

только ископаемые, *кордаиты*.

Хвойные

Сосна, тис.

Гнетовые

Вельвичия.

Покрытосеменные

Однодольные

Лилиевые, пальмовые, злаки.

Двудольные

Роза, дуб, маргаритка.

В этой таблице различные группы не имеют строго эквивалентного научного значения, но каждая из групп во второй колонке представляет собой обширную и четко определенную серию первостепенной важности, члены которой не могут быть включены ни в одну из других групп.

Те, которые отмечены звездочкой, известны только как ископаемые (), и видно, что из семнадцати групп четыре известны только в ископаемом состоянии. Однако это указывает лишь на часть их важности, поскольку почти в каждой другой группе есть много семейств или родов, которые известны только как ископаемые, хотя есть живые представители группы в целом.

В этой таблице отдельные семейства не упоминаются, поскольку на данный момент нам нужен только общий обзор классификации, чтобы проиллюстрировать основные факты о ходе эволюции. В таблице сначала приведены самые простые семейства, последующие постепенно усложняются, пока последняя группа не представляет собой самый продвинутый тип, с которым мы знакомы, и который является доминирующей группой в настоящее время.

Это не следует понимать как предположение, что члены этой серии эволюционировали непосредственно друг от друга в том порядке, в котором они представлены в таблице. На самом деле это далеко не так, и отношения между группами весьма сложны.

Здесь следует отметить, что часто бывает трудно, а порой и невозможно, определить, какие представители любой группы растений являются наиболее развитыми. Каждый представитель высших семейств является очень сложным организмом, состоящим из множества частей, каждая из которых развивалась более или менее независимо от других в

ответ на какие-то особые условия окружающей среды. Например, одно растение может нуждаться в очень сложной и хорошо развитой системе транспортировки воды и, следовательно, развивать ее, сохраняя при этом простой тип цветка; другое может расти там, где проблема воды его не беспокоит, но где ему необходимо разработать специальные методы для опыления своих семян; и так далее, в бесконечном разнообразии. В результате этого почти у всех растений некоторые органы высокоразвиты и специализированы, а другие все еще находятся в примитивном или относительно примитивном состоянии. Определить относительное положение растений на шкале развития можно только путем вывода среднего значения на основе изучения деталей всех их частей. Однако это сопряжено с трудностями, и в большинстве случаев ученый, под влиянием личных склонностей, произвольно выбирает тот или иной признак, которому он уделяет большое внимание в качестве критерия, в то время как другой ученый склонен делать акцент на других признаках, которые могут указывать в другом направлении.

Ни в одной группе это не иллюстрируется лучше, чем среди хвойных, где относительное расположение различных семейств, входящих в нее, все еще очень неопределенно, и где наблюдения разных исследователей, каждый из которых занимается в основном разными признаками растений, имеют тенденцию противоречить друг другу.

Однако это лишь поговорка. Несмотря на эти трудности, которые было бы несправедливо игнорировать, основная схема эволюции ясно видна современному ученому, и его взгляды в значительной степени подтверждаются многими важными фактами, полученными как из ископаемых, так и из живых растений.

Очень веские доказательства указывают на то, что самые примитивные растения древних времен, как и самые простые растения сегодняшнего дня, были водными обитателями. Были ли это пресноводные или морские организмы — вопрос остается открытым, хотя мнение, как правило, склоняется к тому, что первым домом растительной жизни было море. Однако можно с равным успехом, а может быть, даже с большим, утверждать, что пресноводные озера и реки были домом для первых семейств, из которых постепенно развились высшие растения.

Прямых доказательств этого в горных породах нет, поскольку мельчайшие формы одиночных мягких клеток, которые принимали самые примитивные виды, были такими, что их невозможно было успешно окаменеть. Следовательно, самые ранние стадии развития необходимо выводить из сравнительного изучения самых простых растений, живущих в настоящее время. К счастью, для этого имеется много материала в многочисленных водах Земли, где можно найти множество мельчайших видов на разных стадиях сложности.

Самый простой тип ныне живущих растений, который, как представляется, способен эволюционировать по линии, которая могла бы привести к появлению высших растений, — это различные представители группы *Protococcoideae* из отдела водорослей. Претензии бактерий и других примитивных организмов различного рода на абсолютное приоритетное существование выходят за рамки книги, посвященной ископаемым растениям. Ранняя эволюция простых видов *Protococcoideae* также несколько выходит за рамки этой книги, но, поскольку они, по-видимому, находятся на самой прямой «линии происхождения» большинства высших растений, ее нельзя полностью игнорировать. Из более простых групп зеленых водорослей другие виды специализировались и развивались в различных направлениях, но среди них, по-видимому, существует некое внутреннее ограничение, и

только протококкоидные формы, по-видимому, указывают на возможность действительно высокого развития.

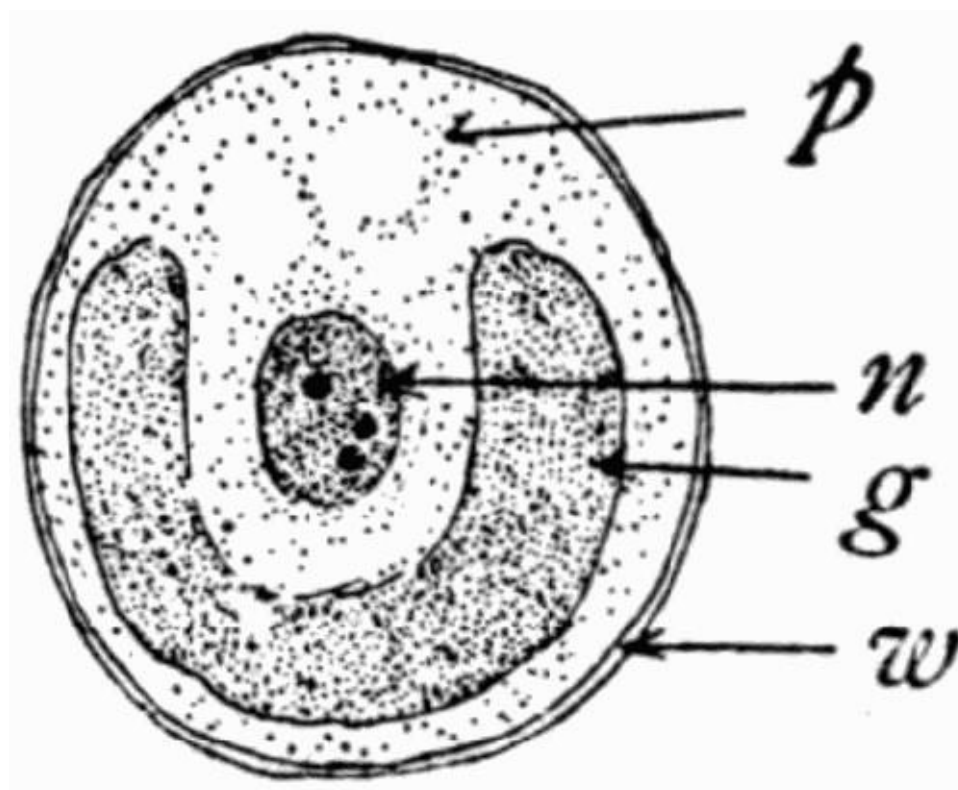


Рис. 17. Протококкоидное растение, состоящее из одной клетки

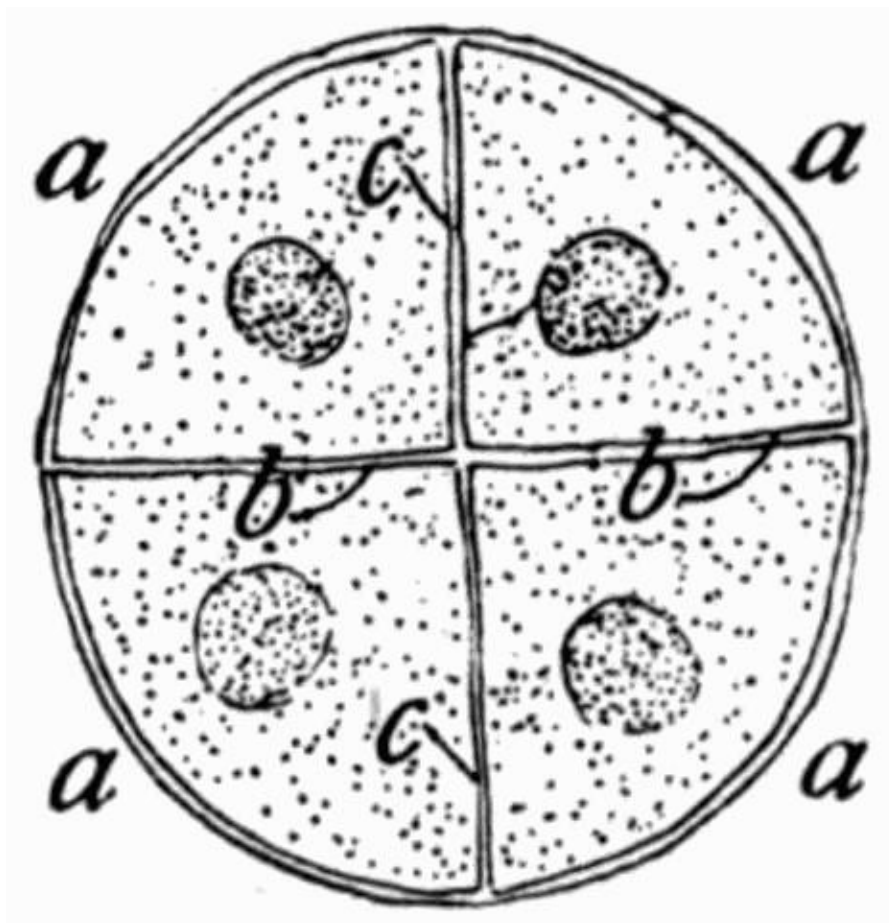
p, протоплазма; *n*, ядро; *g*, окрашенное тело или хлоропласт; *w*, клеточная стенка.

В нескольких словах, типичный пример одного из простых протококкоидов можно описать как состоящий из массы протоплазмы, в которой находятся распознаваемое ядро и зеленое окрашивающее тело или хлоропласт, с клеточной стенкой или кожей, окружающей эти жизненно важные структуры, клеточной стенкой, которая иногда может отсутствовать или быть необычно утолщенной в зависимости от необходимости. Это растение представлено на [рис. 17](#) в несколько схематичной форме.

В таком случае все растение состоит из одной единственной клетки, живущей в окружении воды, которая снабжает ее необходимыми питательными веществами, а также защищает от высыхания и непосредственного контакта с любыми твердыми или вредными предметами. Когда эти растения размножаются, они делятся на четыре части, каждая из которых похожа на исходную клетку, и все они остаются вместе в пределах основной клеточной стенки в течение короткого времени, прежде чем разделиться.

Если теперь представить, что четыре клетки не разделяются, а остаются вместе навсегда, мы можем увидеть возможность начала специализации в разных частях клетки. На одну живую клетку одинаково действуют все стороны, и она сама по себе должна выполнять все жизненные функции; но когда четыре клетки лежат вместе, на каждую из них больше не действуют одинаково все стороны. Это ясно видно на схеме разделенной клетки, приведенной на [рис. 18](#). Здесь очевидно, что одна сторона каждой из четырех клеток, а

именно сторона, обозначенная на схеме буквой *a*, находится снаружи и находится в прямом контакте с водой и внешними предметами; но стенки *b* и *c* соприкасаются только с соответствующими стенками соседних клеток. Через стенки *b* и *c* пища и вода не могут проникать напрямую, но в то же время они защищены от повреждений и внешних раздражителей. Следовательно, в этой группе из четырех клеток наблюдается небольшая дифференциация сторон клеток. Если теперь представить, что каждая из четырех клеток, все еще остающихся в контакте, делится еще раз на четыре части, каждая из которых достигает зрелого размера, в то время как все остаются вместе, то мы получаем группу из шестнадцати клеток, некоторые из которых будут полностью находиться внутри, а



некоторые будут иметь стенки, открытые для окружающей среды.

Рис. 18. — Схема протококкоидной клетки, разделенной на четыре дочерние клетки. Стенки *a* являются внешними, а стенки *b* и *c* соприкасаются друг с другом.

Если все клетки группы снова разделятся, как показано на рисунке, масса станет более чем в одну клетку толщиной, и внутренние клетки будут более полностью дифференцированы, поскольку они будут полностью отрезаны от внешней среды и любого прямого контакта с водой и питательными веществами и будут зависеть от того, что им передают внешние

клетки. Внешние клетки будут специализироваться на защите, а также на поглощении воды, солей и воздуха для всей массы. Из такой пластичной группы зеленых клеток, вероятно, развились более высокие и все более сложные формы растений. Еще существуют живые растения, которые соответствуют группам из четырех, шестнадцати и т. д. клеток, только что теоретически оговоренным.

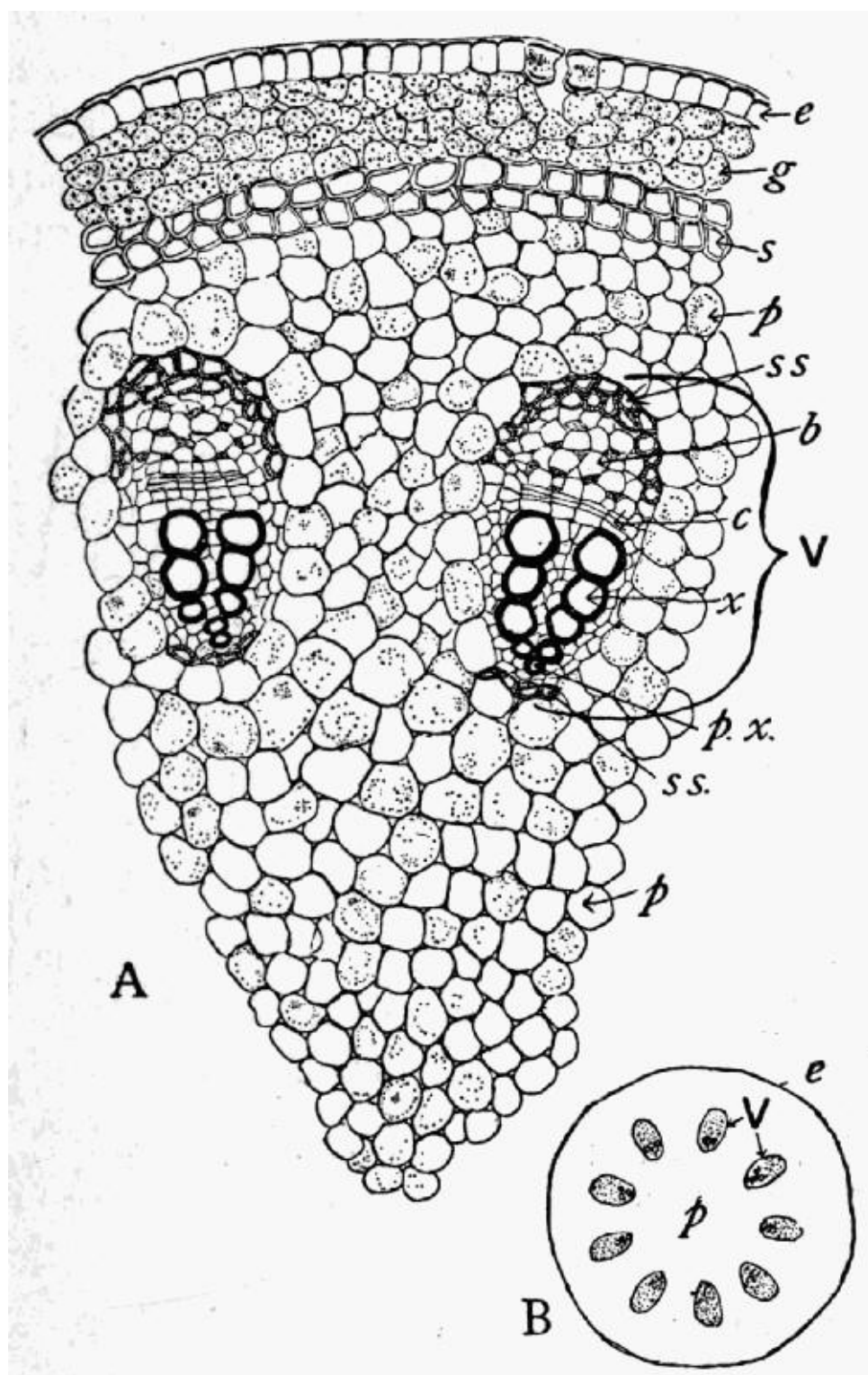
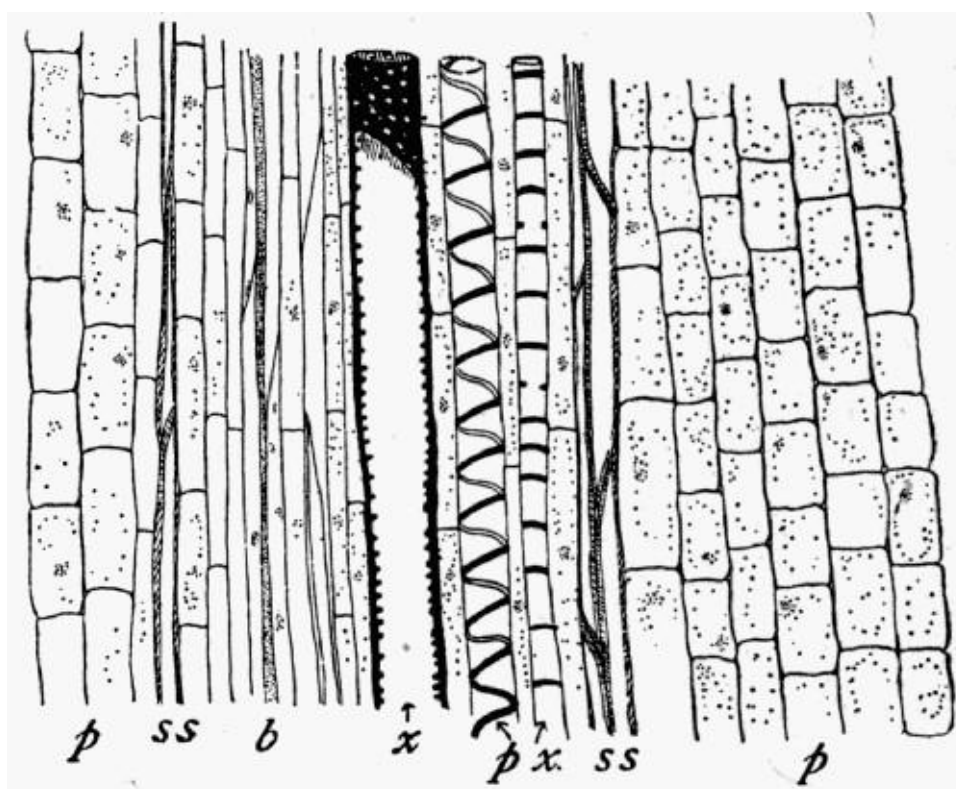


Рис. 19. — А, Детали части тканей в стебле цветущего растения. В, Схема всего строения поперечного сечения стебля: е, внешняя защитная кожа; g, зеленые клетки; s, толстостенные укрепляющие клетки; p, общие

клетки основной ткани. V, Группы специальных проводящих тканей: *x*, сосуды для транспортировки воды; *px*, первые сформированные из водных сосудов; *c*, растущие клетки для пополнения тканей; *b*, клетки, проводящие питательные вещества; *ss*, укрепляющие клетки.

Все современные высшие растения состоят из очень большого количества клеток, образующих ткани разных видов, каждая из которых в той или иной степени специализирована, а некоторые — очень тщательно, для выполнения определенных функций, важных для всего организма растения. С увеличением количества клеток, образующих твердый организм растения, количество тех, которые живут полностью отрезанными от внешней среды (), становится все больше по сравнению с теми, которые образуют внешний слой. Некоторое представление о сложности и дифференциации этой клеточной массы дает [рис. 19](#). А, на котором показаны относительные размеры и формы клеток, составляющих небольшую часть стебля обычного цветкового растения. Полный срез был бы круглым, и группы V повторялись бы по нему симметрично, а все целое было



бы окружено непрерывным слоем клеток, обозначенных буквой *e*, как на схеме В.

Рис. 20. Проводящие клетки и окружающая ткань, показанные на [рис. 19](#), А, разрезанные по длине. *px*, первые сформированные сосуды для проводимости воды; *x*, более крупный сосуд; *b*, клетки, проводящие питательные вещества; *ss*, укрепляющие клетки; *p*, общая основная ткань.

В тканях высших растений наиболее важной особенностью является сложная система проводящих тканей, показанная в молодом состоянии на [рис. 19](#), а. В них элементы,

проводящие питательные вещества и воду, представляют собой очень удлинённые и высокоспециализированные клетки, которые проходят между другими, подобно системе труб в кирпичной кладке дома. Эти клетки показаны в продольном разрезе на [рис. 20](#), где они обозначены буквами, соответствующими клеткам на [рис. 19](#). А, с которыми их следует сравнивать (). На таком изображении становится очевидным большое различие между высокоспециализированными клетками x , px , b и c и клетками основной массы основной ткани p .

Даже в относительно просто организованных группах Equisetales и Lycopodiales дифференциация тканей полная. У мхов и ещё в большей степени у печеночников она находится в зачаточном состоянии, но они растут в очень влажных местах, где проводимость воды и защита от чрезмерного высыхания не представляют для них большой проблемы. По мере того как растения растут выше в воздухе или обитают в более сухих местах, потребность в специализации тканей становится все более великой, поскольку они все более подвержены высыханию и поэтому нуждаются в лучшем потоке воды и более совершенной защитной оболочке.

Нет необходимости указывать, как отдельные клетки растения, такие как изображенные на [рис. 19](#) и [20](#), в своей зрелой форме специализировались, отходя от простого типа протококкоидной клетки. Однако в молодых растущих частях растения они по сути похожи на протококкоидные клетки квадратной формы, плотно прилегающие друг к другу, образуя твердую массу, из которой позднее дифференцируются отдельные типы и принимают форму, подходящую для той особой роли, которую они должны играть в экономике всего растения.

Отследить специализацию не только тканей, но и различных частей всего растения, которые превратились в сложные органы, такие как листья, стебли и цветы, — задача, выходящая за рамки настоящей работы. По иллюстрациям структуры тканей растений, расположенных на двух концах ряда, можно многое представить о неизбежных промежуточных стадиях эволюции тканей.

Что касается развития органов, и в частности репродуктивных органов, подробности можно найти на протяжении всей книги. При оценке места любого растения в шкале эволюции мы ищем основные критерии в репродуктивных органах, поскольку репродуктивные органы, как правило, менее подвержены влиянию физической среды, чем вегетативные органы, и поэтому являются более точным ориентиром в естественных взаимоотношениях.

В основных клетках репродуктивных органов, а именно в яйцеклетке и мужской клетке, мы получаем самые примитивно организованные клетки в организме растения. В более простых семействах как мужские, так и женские клетки возвращаются к состоянию свободно плавающей протококкоидной клетки, и во всех семействах, кроме самых высоких, мужская клетка требует жидкой среды, в которой она *плавает* к яйцеклетке. В высших семействах необходимая вода обеспечивается внутри структуры семени, и мужская клетка не плавает, как голая, одиночная клетка, в широком мире, как это происходит во всех семействах, включая Filicales. У хвойных и покрытосеменных растений мужская клетка не плавает, а является пассивной (или в значительной степени пассивной) и доставляется к яйцеклетке. Можно почти сказать, что вся эволюция сложных структур, обнаруживаемых в плодоносящих шишках и цветках, является результатом необходимости защиты нежных, простых репродуктивных клеток и эмбриональных тканей, образующихся в результате их

слияния. Низшие растения разбрасывают эти нежные клетки в огромных количествах, высшие растения защищают каждую яйцеклетку сложной серией тканей и фактически доставляют к ней мужскую клетку, не позволяя ни одной из них подвергаться воздействию внешней среды.

Следует предположить, что читатель обладает общими знаниями о живых семействах, приведенных в таблице на [стр. 44](#); о ископаемых группах будет подробно рассказано в последующих главах, посвященных истории различных семейств. Пока все группы не будут изучены, преждевременно пытаться дать общее обсуждение эволюции различных групп, поэтому это будет отложено до заключительных глав.

ГЛАВА VI

МИКРОСТРУКТУРА ИСКОПАЕМЫХ РАСТЕНИЙ — СХОЖЕСТЬ С СОВРЕМЕННЫМИ

Отдельные растения периода каменноугольного периода полностью отличались от ныне живущих; они были не просто отдельными видами, поскольку в основном даже семейства в значительной степени отличались от современных. Тем не менее, когда мы приступаем к изучению микроскопической анатомии ископаемых и клеток, из которых они состоят, мы обнаруживаем, что между живыми и ископаемыми типами клеток существует самое близкое сходство.

С самых ранних времен, о которых нам известно, элементы тела растений оставались неизменными, хотя типы структур, которые они создавали, варьировались по плану. Отдельные *клетки* почти всех типов периода каменноугольной эпохи могут быть идентично сопоставлены с современными. В способе утолщения стенок, в форме древесных, укрепляющих или эпидермальных клеток, в форме различных тканей, приспособленных к конкретным целям, существует единство организации, которое, как можно предположить, зависит от фундаментальных качеств, присущих растительной жизни.

Лучше всего это можно проиллюстрировать, возможно, с помощью таблицы, в которой приведены основные изменения клеток, обнаруженные в тканях растений. Иллюстрации этих типов в следующей таблице взяты из живых растений, поскольку на их основе можно создать более наглядные диаграммы, а характерные черты клеток легче распознать. Сравнение этих типичных клеток с клетками, изображенными на ископаемых растениях, показывает их идентичность в основной структуре, и большинство из них можно найти на фотографиях ископаемых на этих страницах, хотя их легче распознать на самих ископаемых.

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ РАСТИТЕЛЬНЫХ КЛЕТОК

ЭПИДЕРМАЛЬНЫЕ.

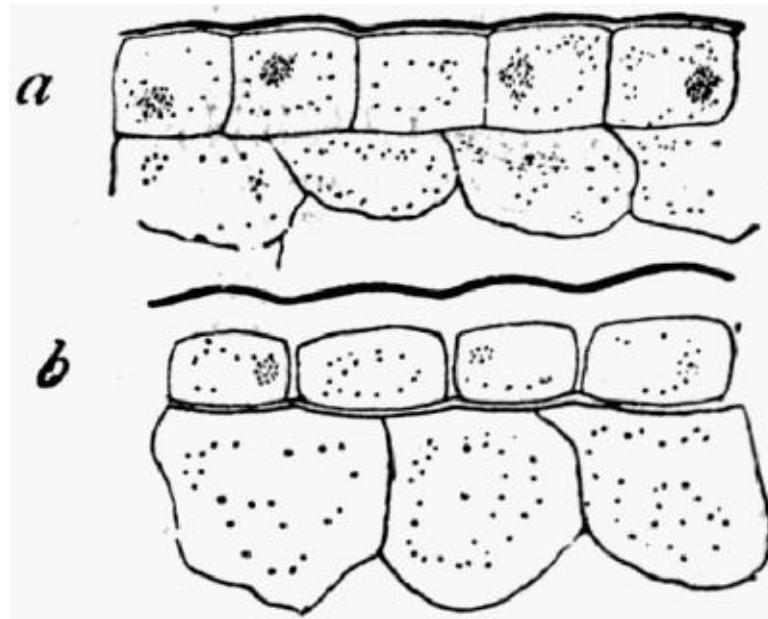


Рис. 21

Эпидермис — защитный слой или кожа. Клетки с утолщенной внешней стенкой во многих случаях ([рис. 21, а](#) и [б](#)). Сравните ископаемый эпидермис на [рис. 34, е](#).

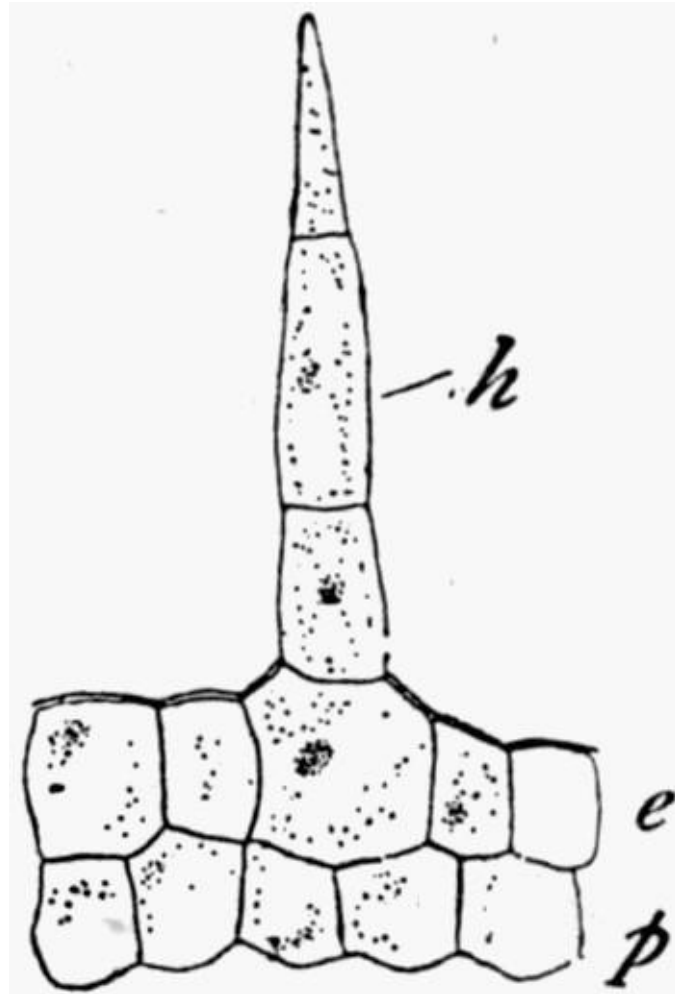


Рис. 22

Волоски — отростки клеток эпидермиса. Одиночные клетки или сложные, как [на рис. 22](#), *h*, где *e* — эпидермис, а *p* — паренхима. Сравните с ископаемыми волосками на рис. [79](#) и [120](#).

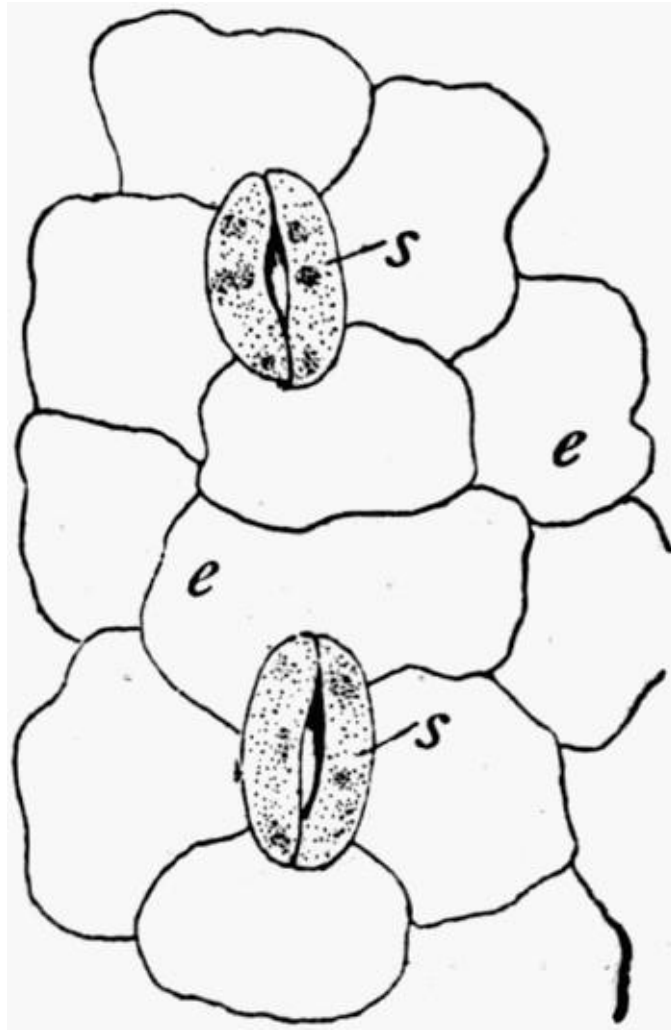


Рис. 23

Устьица — дыхательные поры в эпидермисе. На поверхностном виде видны как двугубые структуры ([рис. 23](#)). *s* — устьица; *e* — клетки эпидермиса. Сравните с ископаемыми устьицами на [рис. 8](#).

ОСНОВНАЯ ТКАНЬ

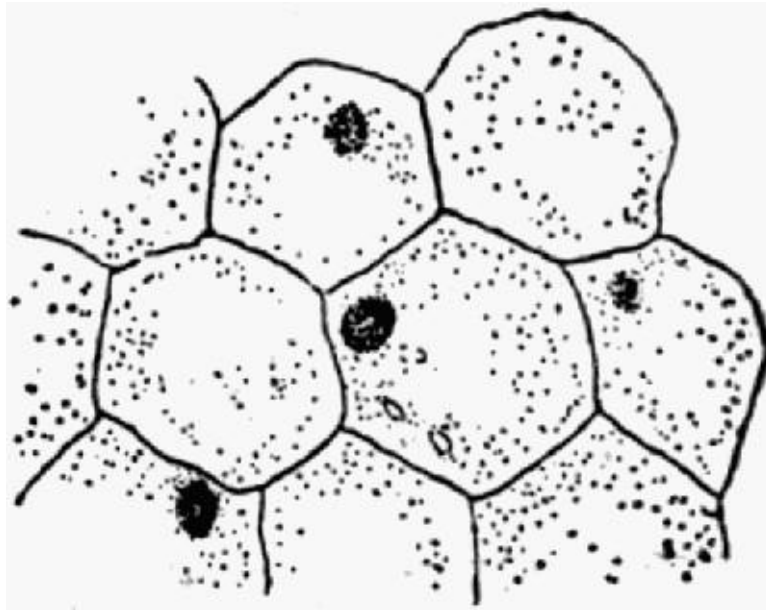


Рис. 24

Паренхима — простые мягкие клетки, либо плотно упакованные, как на [рис. 24](#), либо с воздушными промежутками между ними. Сравните [78. В](#), для ископаемых.

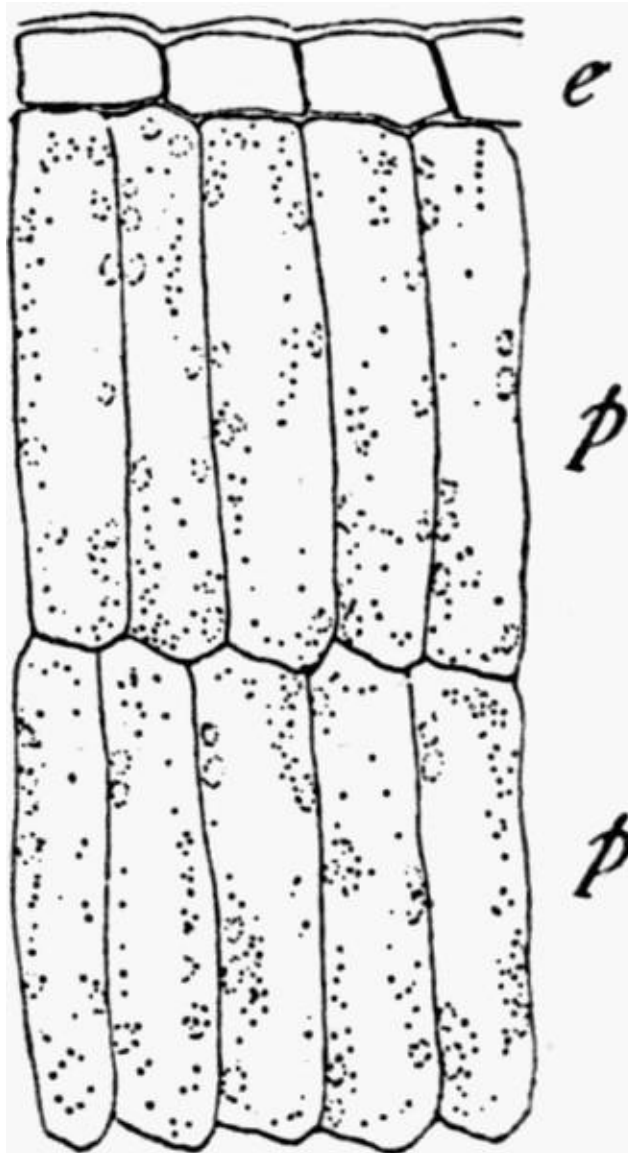


Рис. 25

Палисад. — Удлиненные, плотно расположенные клетки, *p*, в основном в листьях, расположенные под эпидермисом, *e*, [рис. 25](#). Сравните [рис. 34](#), *p*, для ископаемого палисада.

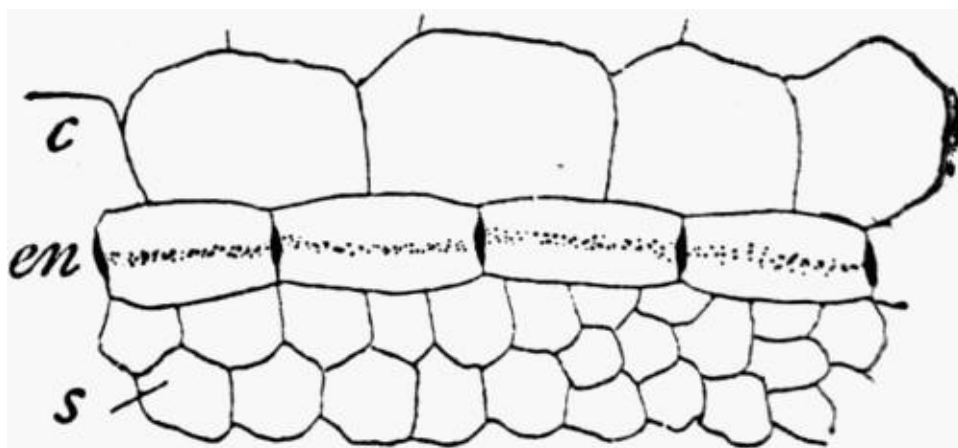


Рис. 26

Эндодерма — клетки со специально утолщенными стенками, *en*, расположенные в виде оболочки между паренхимой, *с*, основной ткани и сосудистой тканью, *s*, [рис. 26](#). Сравните [рис. 108](#) для ископаемой эндодермы.

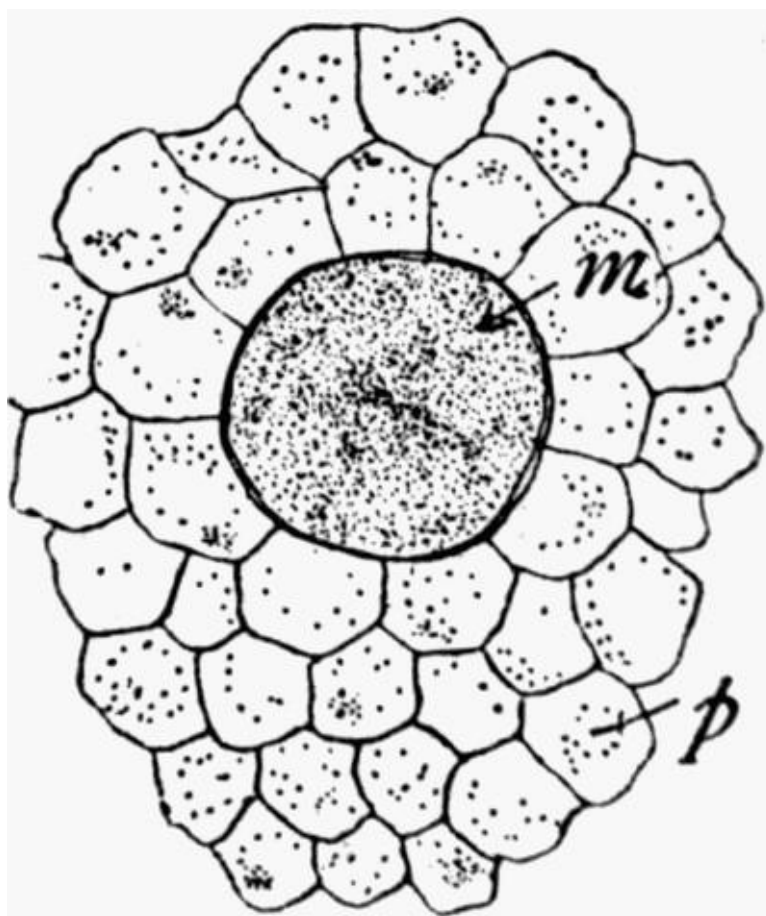


Рис. 27

Латексные клетки — крупные, часто сильно удлинённые клетки, *т*, расположенные в паренхиме, *р*, [рис. 27](#), которые заполнены содержимым. Сравните с [рис. 107](#), *с*.

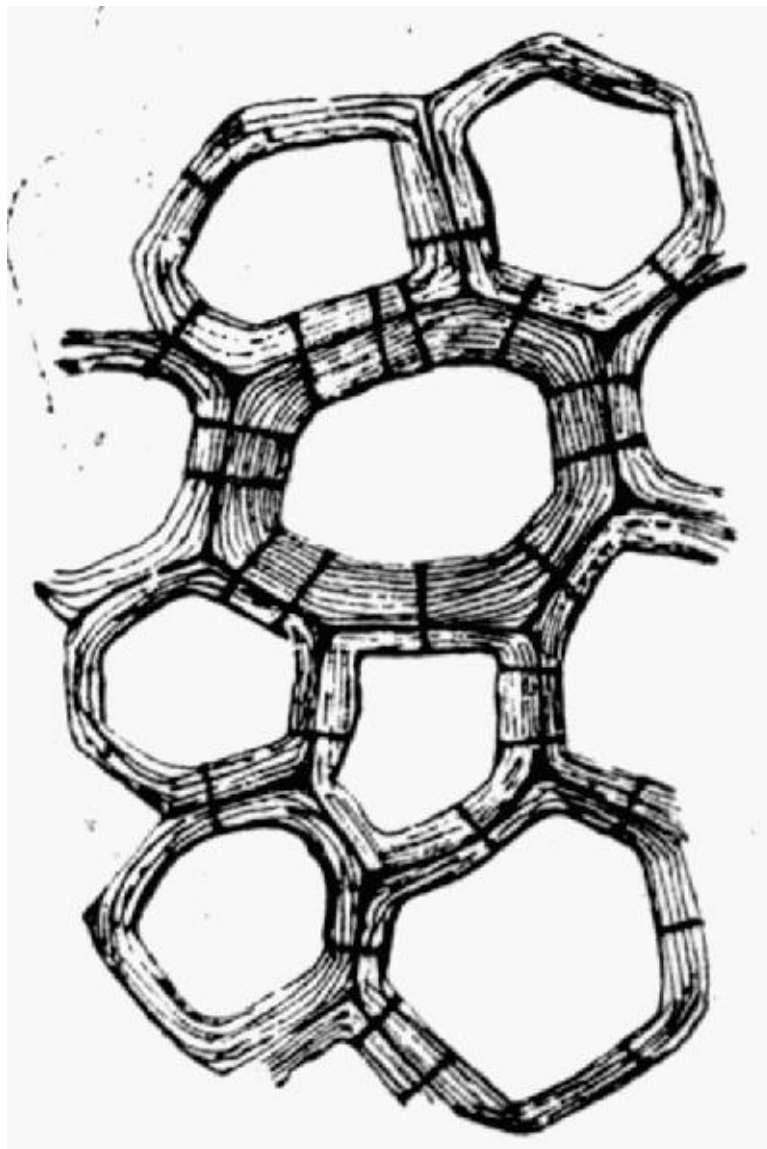
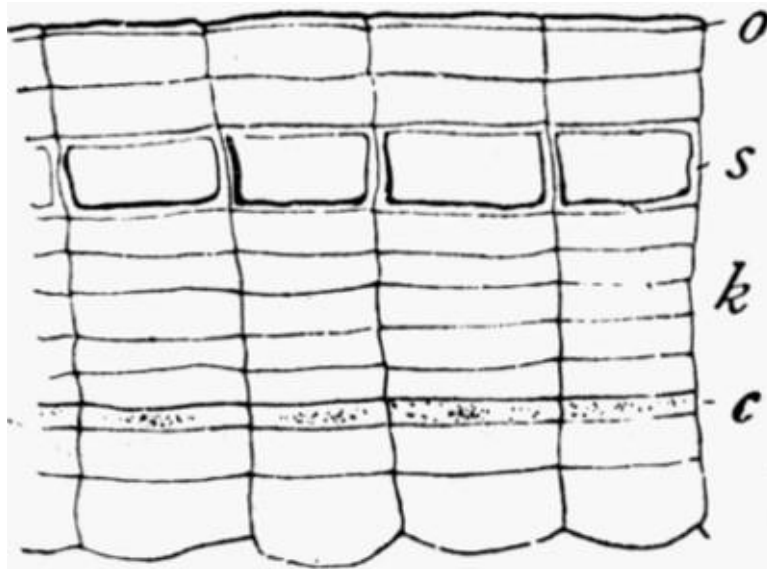


Рис. 28



Склеренхима — толстостенные клетки среди паренхимы для укрепления, [рис. 28](#). Сравните с [рис. 34](#), с.

Рис. 29

Пробка — слои клеток, заменяющие эпидермис в старых стеблях. Внешние клетки, *o*, раздавлены; *k*, плотно упакованные пробковые клетки; каменные клетки, *s*, [рис. 29](#). Сравните с [рис. 95](#), *k*.

Пробковый камбий — узкие, активно делящиеся клетки, *c* на [рис. 29](#), дающие начало новым пробковым клеткам в последовательных рядах.

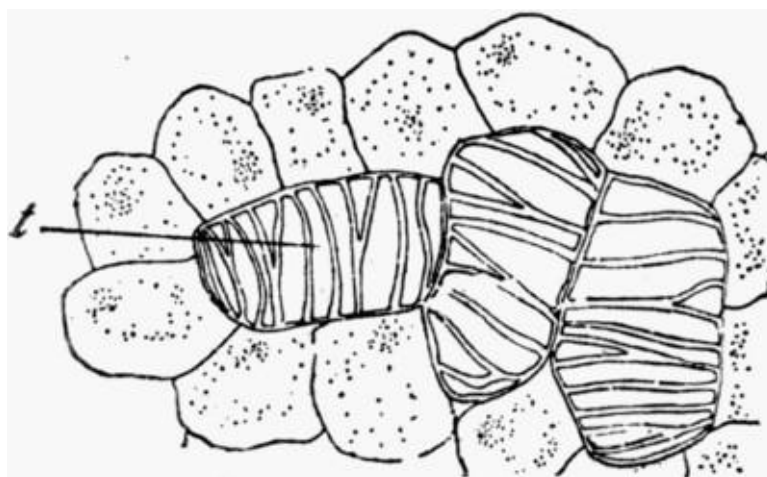
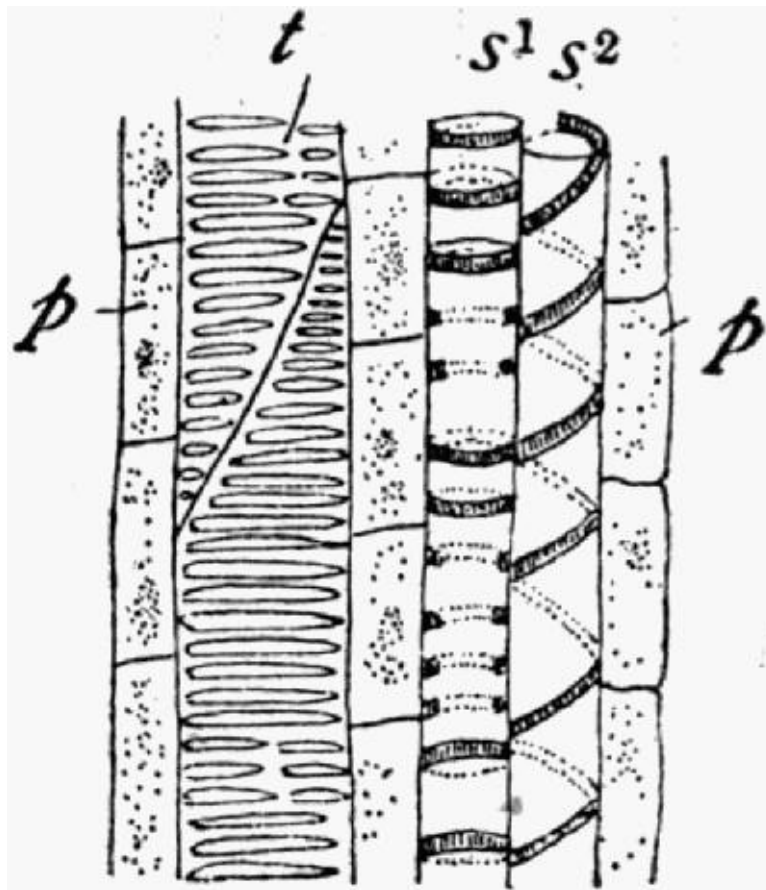


Рис. 30

Трахеиды — особо утолщенные клетки в паренхиме, обычно служащие для хранения воды, *t*, [рис. 30](#). Сравните с [рис. 95](#), *t*.



СОСУДИСТАЯ ТКАНЬ

Рис. 31

Древесина — *протоксилем*, трахеиды и сосуды, длинные узкие элементы со спиральными или кольцевидными утолщениями, ^{s1} и ^{s2}, [рис. 31](#). Сравните [рис. 81](#), А, *рх*, для ископаемых.

Метаксилем, длинные элементы, трахеиды и сосуды. Некоторые с узкими ямками, как *t* на [рис. 31](#); другие с различными видами ямок. На поперечном срезе видно на [рис. 33](#), *w*, ископаемое на [рис. 114](#), *w*.

Паренхима древесины — мягкие клетки, связанные с древесиной, *p* на [рис. 31](#). Ископаемое на [рис. 81](#), В, *p*.

Склеренхима древесины — твердые утолщенные клетки в древесине.

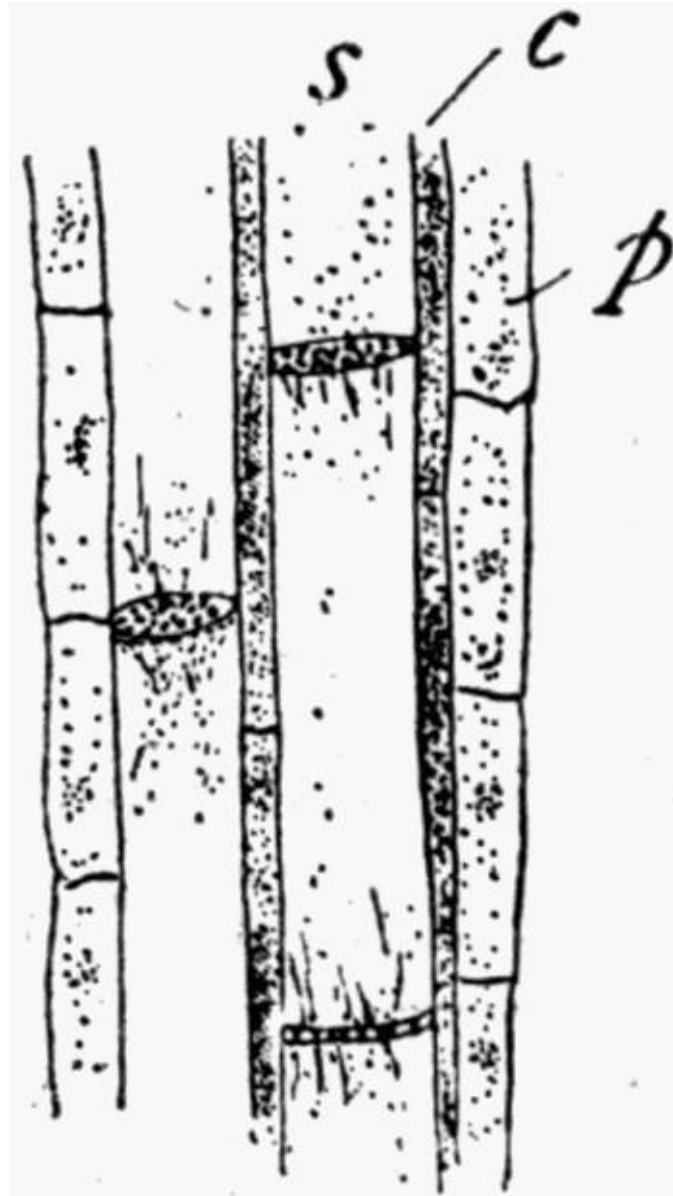


Рис. 32

Лико. — Ситовидные трубки, длинные клетки, которые переносят питательные вещества, поперечные стенки с ямками, как у сита, *s*, [рис. 32](#). В поперечном сечении на [рис. 33](#).

Сопутствующие клетки — узкие клетки с богатым содержанием белков, *c*, [рис. 32](#). В поперечном сечении в *c*, [рис. 33](#).

Листовая паренхима — мягкие неспециализированные клетки, смешанные с ситовидными трубками, *p*, [рис. 32](#).

Ликовые волокна — толстостенные склеренхимные клетки, смешанные с мягким ликовым слоем или расположенные снаружи него.

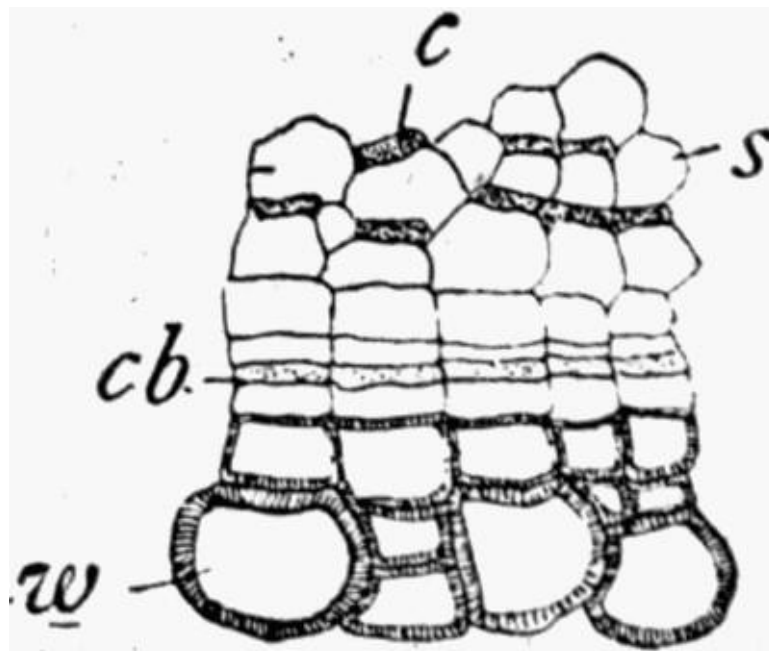


Рис. 33

Камбий — узкие клетки, подобные клеткам пробкового камбия, которые находятся между древесиной и лубом и дают начало новым тканям каждого вида, *cb*, [рис. 33](#). Сравните с [рис. 114](#), ископаемое.

Конечно, существует много второстепенных разновидностей клеток, но эти иллюстрируют все основные типы.

Однако, насколько нам известно, среди ранних ископаемых один тип клеток древесины и один тип клеток луба отсутствуют. Эти клетки — это настоящие *сосуды* древесины цветковых растений и длинные клетки луба с сопутствующими им протеидными клетками. Рисунок клетки древесины метаксилемы, показанный на [рис. 31](#), *t*, демонстрирует более примитивный тип клетки древесины, которая имеет косую поперечную стенку. Этот тип клетки древесины встречается во всех ископаемых деревьях и всех живых растениях, за исключением цветковых растений. Тип сосуда, который встречается в больших сосудах древесины цветковых растений и не имеет поперечной стенки, показан на [рис. 20](#), *x*.

Сходство между живыми клетками и клетками ископаемых углей достаточно очевидно и не требует дополнительных комментариев. Это сходство является чрезвычайно полезным моментом при интерпретации ископаемых. В живых растениях мы можем изучать физиологию различных типов клеток и на основе экспериментов точно определять их роль в жизнедеятельности всего растения. Изучая ткани любой растительной структуры, мы

узнаем, какую функцию она выполняла, и очень часто можем оценить характер окружающих условий, в которых росло растение. Возьмем один пример: палисадная ткань, изображенная на [рис. 25](#), р, в живых растениях всегда содержит зеленые пигменты и находится непосредственно под эпидермисом, обычно листьев, но иногда и зеленых стеблей. Эти клетки производят большую часть крахмала для растения и наиболее хорошо развиты при хорошем освещении. В очень тенистых местах листья редко имеют клетки этого типа. Теперь, когда клетки, подобные этим, обнаруживаются в окаменелостях (как показано на [рис. 34](#)), мы можем предположить все вышеупомянутые физиологические факты и быть уверенными, что этот лист рос в нормальных условиях освещения и активно участвовал в производстве крахмала, когда был живым. С физиологической точки зрения окаменелый лист полностью соответствует нормальному живому листу.

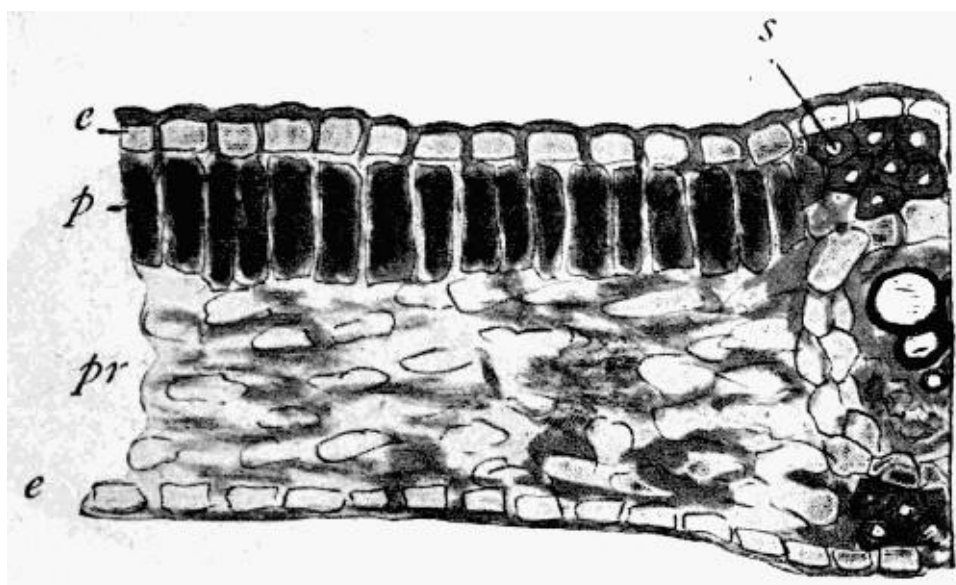
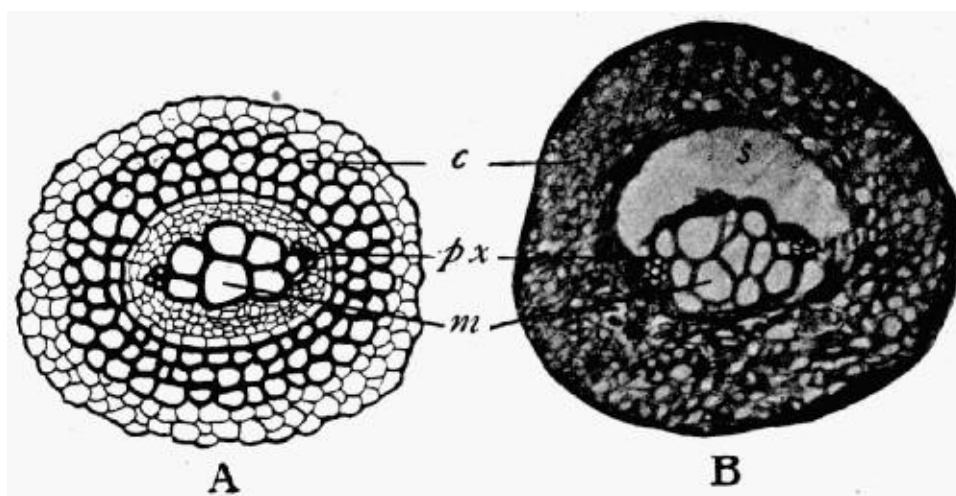


Рис. 34. — Фотография ископаемого листа

e, эпидермис; *p*, клетки палисада; *pr*, мягкие паренхимные клетки (плохо сохранившиеся); *s*, склеренхима над сосудистым пучком.

С морфологической точки зрения, особенности тела растений периода каменноугольного периода подразделяются так же, как и особенности современных растений. Корни, стебли, листья и репродуктивные органы, которые являются основными частями растения, имеют вполне узнаваемую форму или достаточно похожи на современные, чтобы их можно было интерпретировать без особых затруднений. В детальной структуре репродуктивных органов произошло больше изменений, чем в любой другой части растения, как во внутренней организации, так и во внешнем виде.

Уже в раннем палеозое различие между листьями, стеблями, корнями и репродуктивными органами было столь же четким, как и сегодня, и, судя по их структуре, каждый из них должен был выполнять те же физиологические функции, что и сейчас. Корни изменились меньше всего с течением времени, вероятно потому, что в земле они живут в относительно однородных условиях в любой период истории мира, в который они растут. Естественно, между корнями разных видов есть небольшие различия, но сходство между корнями папоротников из палеозойской эпохи и живых папоротников абсолютно полное. Это иллюстрируется на [рис. 35](#), который показывает микроскопическую структуру () двух корней при поперечном разрезе. Различные ткани можно распознать по таблице на [стр. 54](#), так что как в деталях отдельных клеток, так и в общем расположении групп клеток или



тканей корни этих ископаемых и живых папоротников совпадают.

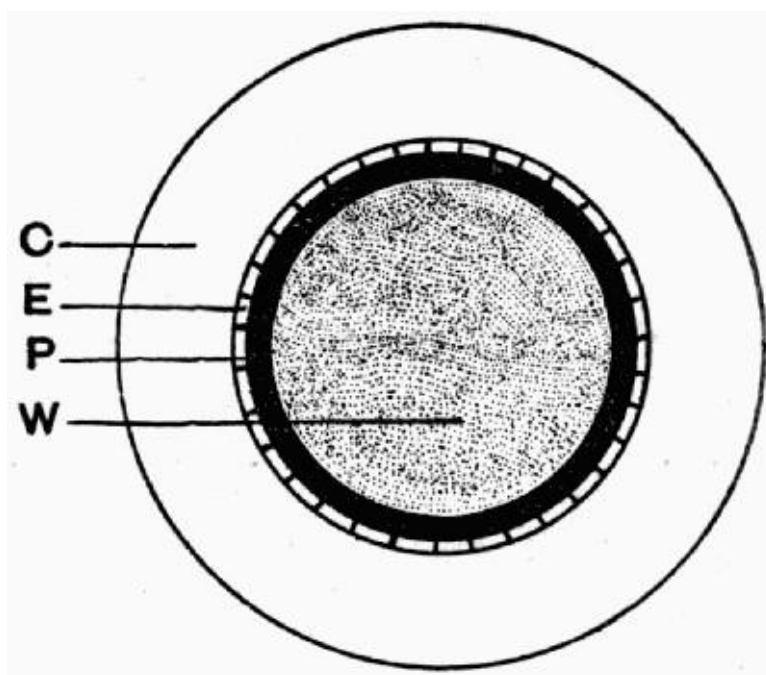
Рис. 35. — А, корень живого папоротника. В, корень палеозойского ископаемого папоротника. *c*, кора; *px*, протоксилем в двух группах; *m*, метаксилем; *s*, пространство в ископаемом, образовавшееся в результате разложения мягких клеток.

Стебли во все периоды были более разнообразны, чем корни соответствующих растений, и в следующей главе, где будут рассмотрены различия между живыми и ископаемыми растениями, следует обратить внимание на несколько важных структур. Тем не менее, существует очень много признаков, в которых стебли из таких разных эпох совпадают. В палеозойских лесах было много видов растений, среди которых были как растения со слабыми ползучими стеблями, которые вьются по другим растениям и опираются на них, так и высокие, крепкие стволы древесных деревьев, многие из которых были покрыты пробковой корой. Листья прикреплялись к стеблям либо напрямую, как у некоторых современных растений, либо с помощью черешков. По внешнему виду и общей функции стебли тогда были такими же, как и сейчас. В деталях отдельных клеток сходство также полное; важные различия заключаются в группировке клеток, анатомии тканей. Уже отмечалось, что увеличение сложности формы растения обычно сопровождается увеличением сложности клеток и разнообразия тканей. Общая основная ткань почти всех

растений очень похожа; прогресс и разнообразие заключаются главным образом в сосудистой системе.

Анатомы растений уделяют особое внимание сосудистой системе, которая по сравнению с анатомией животных занимает даже более важное место, чем скелет. Чтобы понять основные характеристики стеблей, как живых, так и ископаемых, и оценить их сходства и различия, необходимо иметь некоторые знания об общих фактах анатомии; поэтому основные моменты, на которых делается акцент, будут теперь кратко изложены.

Не принимая во внимание более примитивную и менее четко выраженную структуру водорослей и мхов, можно сказать, что все растения обладают «сосудистой системой». Обычно она состоит из удлиненной древесины (или ксилемы) с вспомогательными клетками (см. [стр. 57](#), таблица) и луба (флоэмы), также с вспомогательными клетками. Эти специализированные проводящие элементы находятся в основной ткани и почти во всех случаях отделены от нее определенной оболочкой, называемой эндодермой (см. [стр. 55, рис. 26](#)). Очень часто с сосудистыми тканями связаны группы или кольца твердых толстостенных клеток, которые защищают их и играют важную роль в укреплении всего

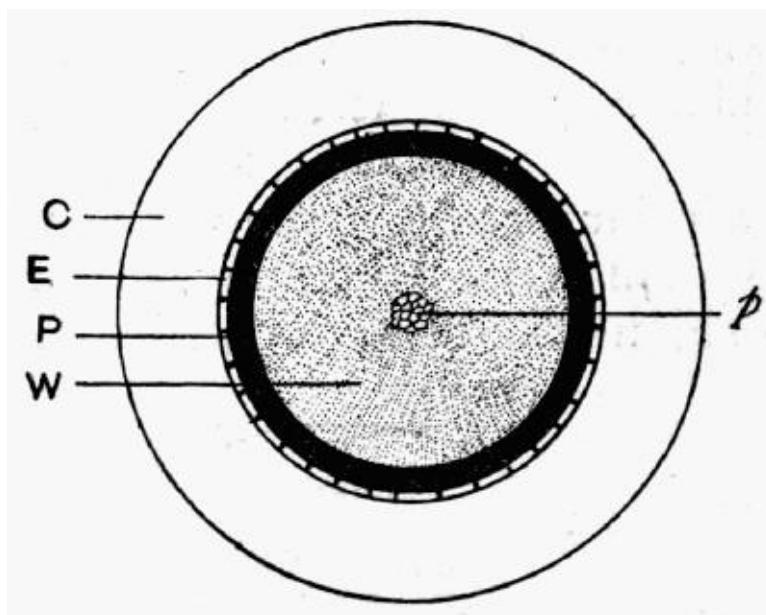


стебля.

Рис. 36. — Схема простейшего расположения полной стели в стебле

W — центральная твердая древесина; P — кольцо луба; E — окружающая оболочка эндодермы; C — основная ткань или кора.

Самая простая и, вероятно, эволюционно наиболее примитивная форма сосудистых тканей — это одиночная центральная нить с древесиной в середине, лубом вокруг нее и окружающей все это кольцевой эндодермой, как показано на [рис. 36](#), где представлена схема такого расположения. Такая масса древесины и луба, окруженная эндодермой, технически известна как *стебель*, очень удобный термин, который широко используется анатомами. В своей простейшей форме (как на [рис. 36](#)) он называется *протостеблем* и встречается как у живых, так и у ископаемых растений. Ряд растений, которые впоследствии приобретают более сложные стели, на ранних стадиях своего развития имеют протостели, как, например, *Pteris aurita*, вид, родственник папоротнику-адиантуму, который в зрелом состоянии имеет



полый кольцевой стел.

Рис. 37. — Схема стелы с несколькими клетками сердцевинки *p* в середине древесины. Обозначения как на [рис. 36](#)

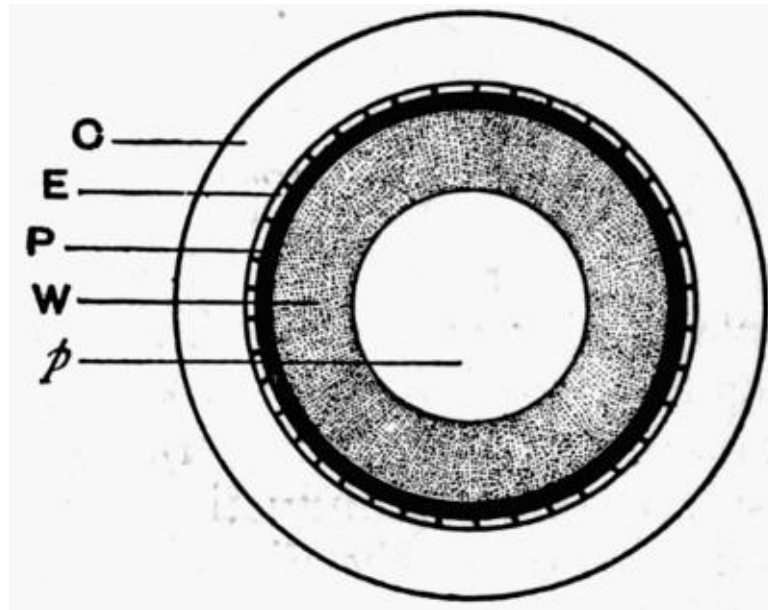


Рис. 38. Схема, показывающая обширную сердцевину p в древесине. Обозначения как на [рис. 36](#)

Следующий тип стелы очень похож на протостелу, но с добавлением нескольких крупных неспециализированных клеток в середине древесины (p , [рис. 37](#)); это начало процесса выемления, который продолжается в древесине и впоследствии приводит к образованию значительного количества сердцевины, как показано на [рис. 38](#), где древесина теперь представляет собой полый цилиндр, так как флоэма была таковой с самого начала. В этом случае вторая оболочка эндодермы () или эндодерма обычно развивается на внутренней стороне древесины, снаружи сердцевины, и отделяет сосудистую ткань () от внутренней паренхимы. Следующим этапом является развитие внутреннего цилиндра луба, так что сосудистое кольцо становится полностью двойным, с эндодермой по обеим сторонам цилиндра, как показано на [рис. 39](#).

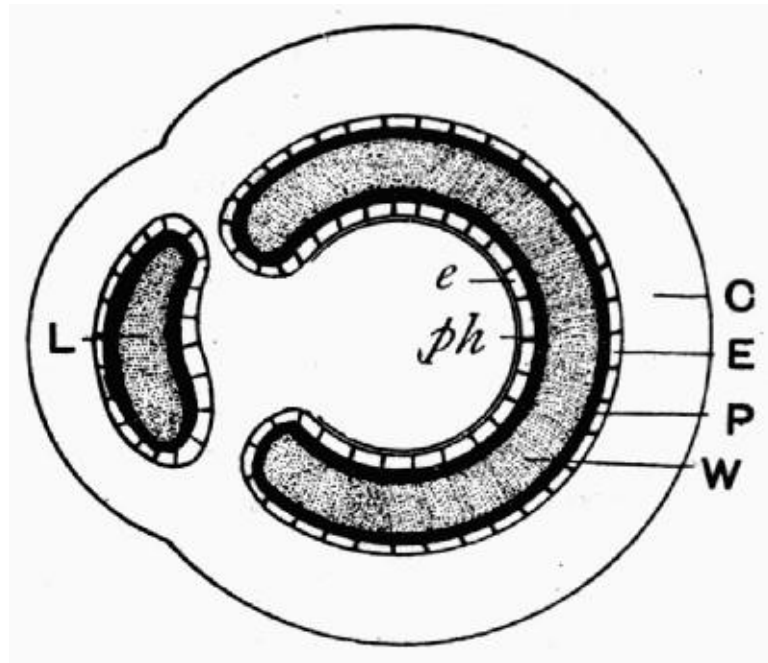


Рис. 39. — Цилиндрическая стела с *e* — внутренней эндодермой и *ph* — внутренней флоэмой; *W* — древесина; *P* — внешняя флоэма; *E* — внешняя эндодерма. *L* — часть стелы, выходящая для питания большого листа, тем самым разрывая то, что в противном случае выглядело бы как замкнутая кольцевая стела

Во всех этих случаях в стебле имеется только одна нить или цилиндр сосудистой ткани, только одна стела, и этот тип анатомии известен как *моностельный* или *одностельный* тип.

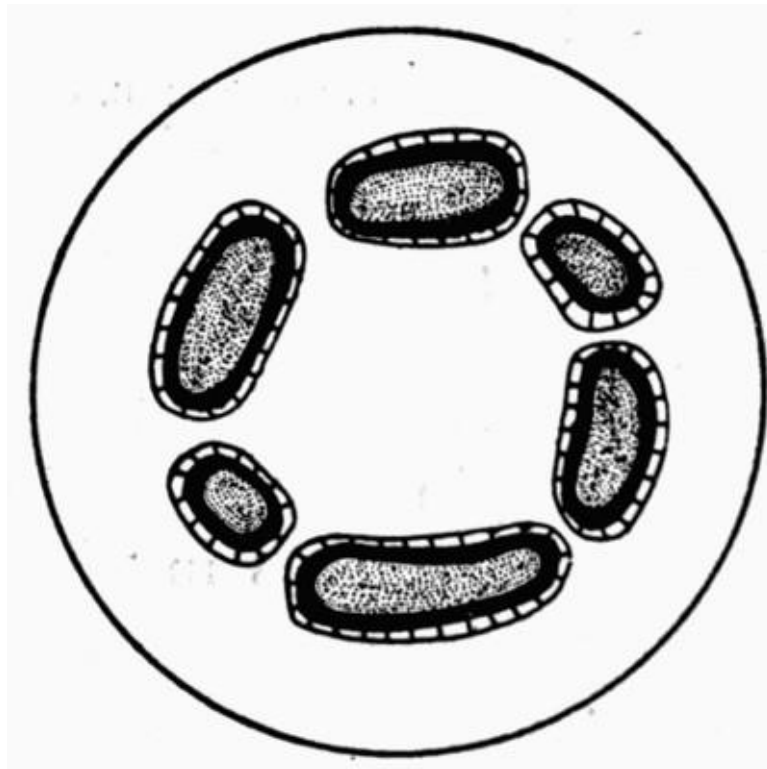


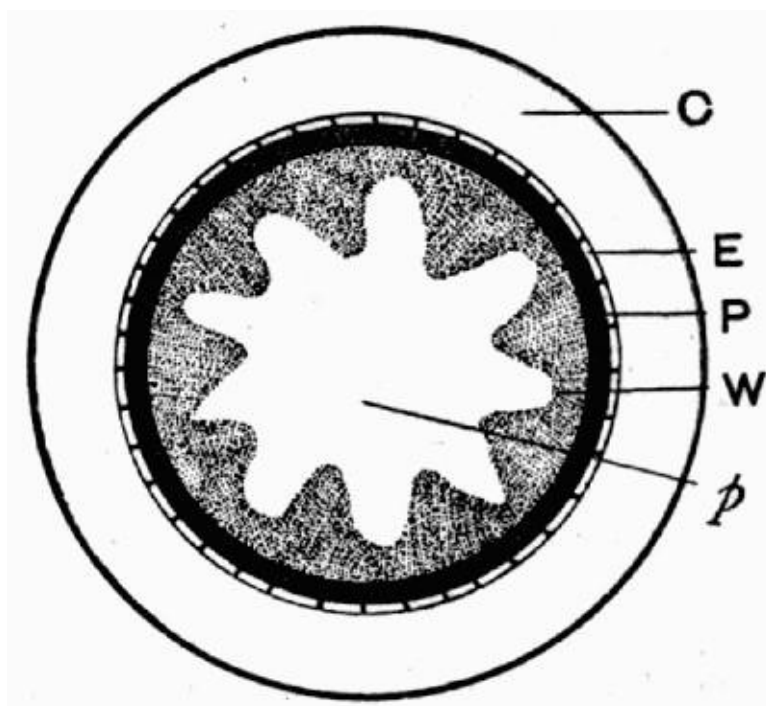
Рис. 40. — Кольцевая стела, по-видимому, разбитая на несколько протостел множеством промежутков между листьями

Когда из только что описанного двойного цилиндра отходит нить ткани, питающая большой лист, значительная часть стели выходит наружу и разрывает кольцо. Это показано на [рис. 39](#), где *l* — часть стели, идущая к листу, а остальная часть — разорванный центральный цилиндр. Когда стебель короткий, а листья растут густо, так что пучки постоянно отходят от главного цилиндра, он постоянно разрывается, и его внешний вид при разрезе в любой точке представляет собой группу из нескольких стел, расположенных в кольце, каждая отдельная стела по своей структуре похожа на простую протостелу. См. [рис. 40](#). Этот тип стебля давно известен как *полистельный* (т. е. многостебельный), и это по-прежнему удобный термин для его описания. Существует много теоретических дискуссий о истинном значении такого «полистельного» стебля, которые не могут быть рассмотрены здесь; однако можно отметить, что различные нити разорванного кольца соединяются и образуют сеть, когда мы рассматриваем стебель в целом, и только в одном сечении они выглядят как совершенно независимые протостели. Тем не менее, поскольку мы обычно рассматриваем анатомию стеблей с точки зрения отдельных участков, а описательное слово «полистельный» является очень удобным и широко понятным термином, оно будет использоваться на протяжении всей книги при описании этого типа анатомии стеблей.

Такой тип, показанный на [рис. 40](#), уже является сложным, но часто бывает, что стели ветвятся и делятся еще дальше, пока не образуют очень сложную и иногда сбивающую с толку систему сосудистых нитей, проходящих через основную ткань во многих

направлениях, но отрезанных от нее защитными эндодермальными оболочками. Такие сложные системы встречаются как у живых, так и у ископаемых растений, особенно у многих крупных папоротников (см. [рис. 88](#)).

Однако высшие растения в целом, и в частности цветущие растения, не имеют полистельного сосудистого строения, а имеют специализированный тип моностельного



строения.

Рис. 41. — Моностеле, в котором центральная сердцевина имеет форму звезды, а древесина разбивается на отдельные группы

p — сердцевина; *W* — древесина; *P* — флоэма; *E* — эндодерма; *C* — кора.

Снова обращаясь к [рис. 37](#) в качестве отправной точки, представьте себе, что сердцевина в центре распространяется в форме звезды, пока концы звезды не коснутся краев кольца, и таким образом разбивает деревянное кольцо на группы. Один из этапов этого процесса (который еще не завершен) показан на [рис. 41](#), а на [рис. 42](#) группы древесины и луба полностью разграничены. У цветущих растений клетки эндодермы часто плохо охарактеризованы, а клетки сердцевины напоминают клетки кортикальной основной ткани, так что отдельные группы древесины и луба (обычно известные как «сосудистые пучки», в отличие от «стелей» на [рис. 40](#)) кажутся независимыми в основной ткани. Однако эти нити не следует путать со стелями, они являются лишь фрагментами единственной, по-видимому, разорванной стели, проходящей по стеблю.

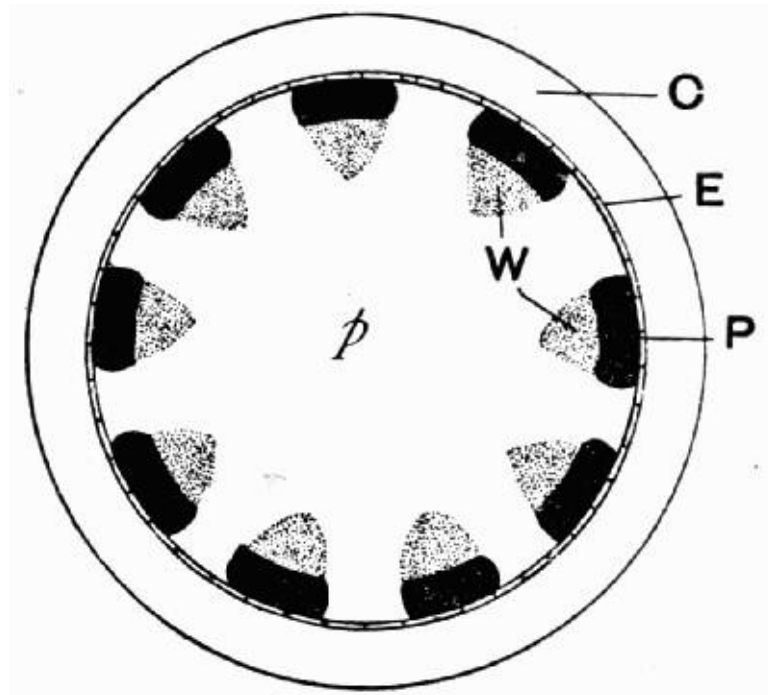


Рис. 42. — Моностела, в которой сердцевина проникла во все ткани вплоть до эндодермы и разбила древесину и флоэму на отдельные пучки. У цветущих растений их обычно называют «сосудистыми пучками»

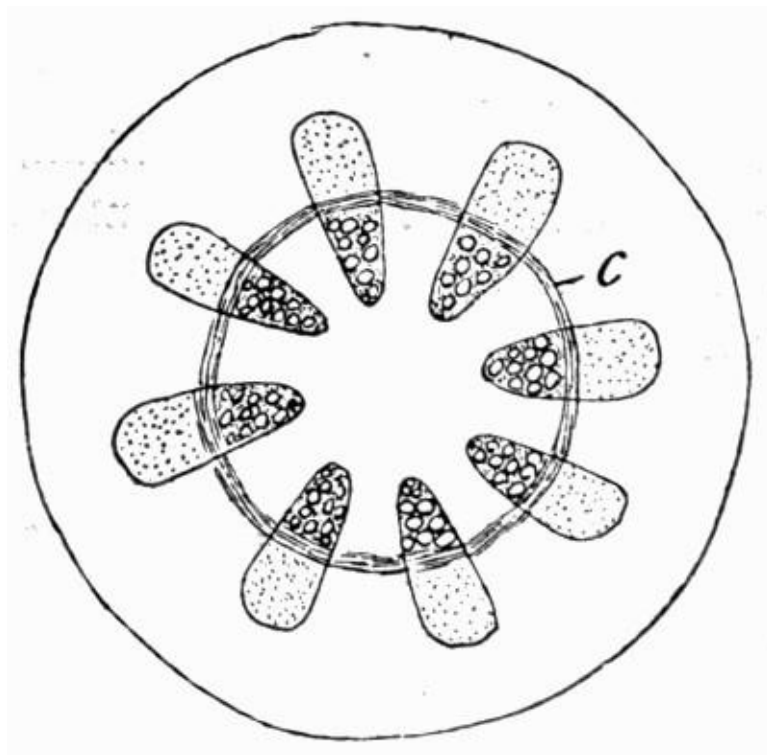
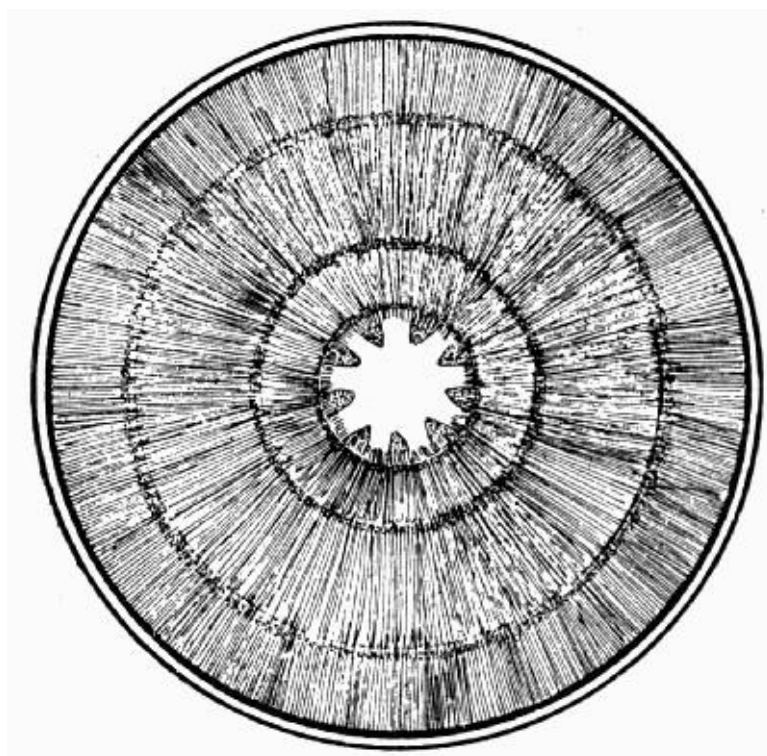


Рис. 43. — Показана активно растущая зона с (камбий) в сосудистых пучках, соединяющаяся через основную ткань между ними

Сосудистый пучок, за исключением однодольных растений, обладает потенциалом для непрерывного роста и расширения, что ставит его гораздо выше стелы по ценности для растения с длительным сроком жизни и значительным ростом. Клетки, расположенные между древесиной и лубом, мягкие паренхимные клетки, всегда сопровождающие такие ткани, сохраняют свою жизнеспособность и продолжают делиться с большой регулярностью, давая начало непрерывной последовательности новых клеток древесины с одной стороны и луба с другой; см. [рис. 33](#), с, в. Таким образом, первичные, отчетливые сосудистые пучки соединяются кольцом древесины, см. [рис. 43](#), к которому каждый сезон добавляются новые кольца, пока масса древесины не превращается в прочный твердый ствол. Эта постоянно повторяющаяся активность камбия приводит к появлению так называемых «годовых колец» в стеблях, см. [рис. 44](#), в которых древесная ткань () показывает как первичные отчетливые группы в центре, так и кольца роста более поздних лет.

Камбий с такой способностью к длительной активности встречается почти во всех современных высших растениях (за исключением однодольных), но в группах папоротников и плаунов он находится в состоянии покоя. Известны отдельные случаи почти из всех семейств папоротниковых, когда происходит некоторое развитие камбия с его вторичным утолщением, но в группах ниже голосеменных камбий практически не играет никакой роли. С другой стороны, еще в каменноугольный период массивы древесины в папоротниковых деревьях формировались камбием точно так же, как и в настоящее время у высших форм. В

то время его присутствие было почти повсеместным в низших группах, где сегодня его



следы практически не встречаются.

Рис. 44. Стебель с твердым цилиндром древесины, развившимся из камбия, с тремя «годовыми кольцами». В центре еще видны отдельные группы древесины первичных «сосудистых пучков».

Из этого краткого обзора сосудистой системы растений видно, что существует много вариантов модификаций фундаментального протостеля. Следует также отметить, что растения угледобывающих мер уже развивали все основные разновидности стелей, которые известны нам даже сейчас, ^[6] и что развитие вторичного утолщения было очень широко распространено. В нескольких случаях сложность типа превосходит сложность современных растений (см. [гл. VII](#)), и можно найти сосудистые структуры, которые больше не существуют.

Когда мы обращаемся к *репродуктивным органам*, мы обнаруживаем, что точки сходства между живыми и ископаемыми формами не так многочисленны и не так прямы, как в случае с вегетативной системой.

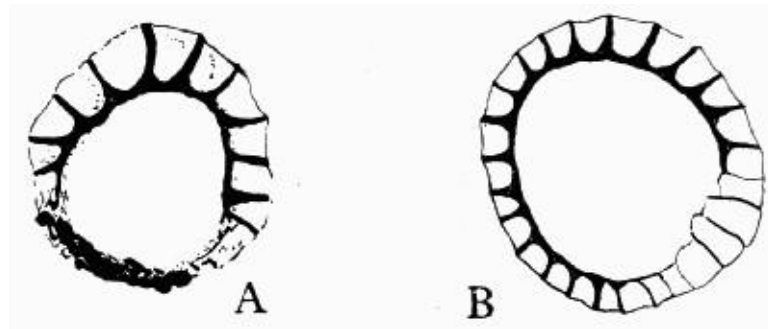


Рис. 45. — Спороангии папоротника

А — ископаемые; В — живые.

Как уже было указано, семейства растений, типичные для угольных отложений, не были теми, которые наиболее распространены сегодня, но принадлежали к низшей серии папоротниковых. В своих более простых формах плоды тогда и сейчас очень похожи друг на друга, но в более сложных формах различия более заметны, поэтому они будут рассмотрены в следующей главе. Случаи сходства наблюдаются в спорангиях папоротников, некоторые из которых, по-видимому, были практически идентичны современным. Это иллюстрируется на [рис. 45](#), где показаны очертания клеток спорангий современных и ископаемых папоротников рядом.

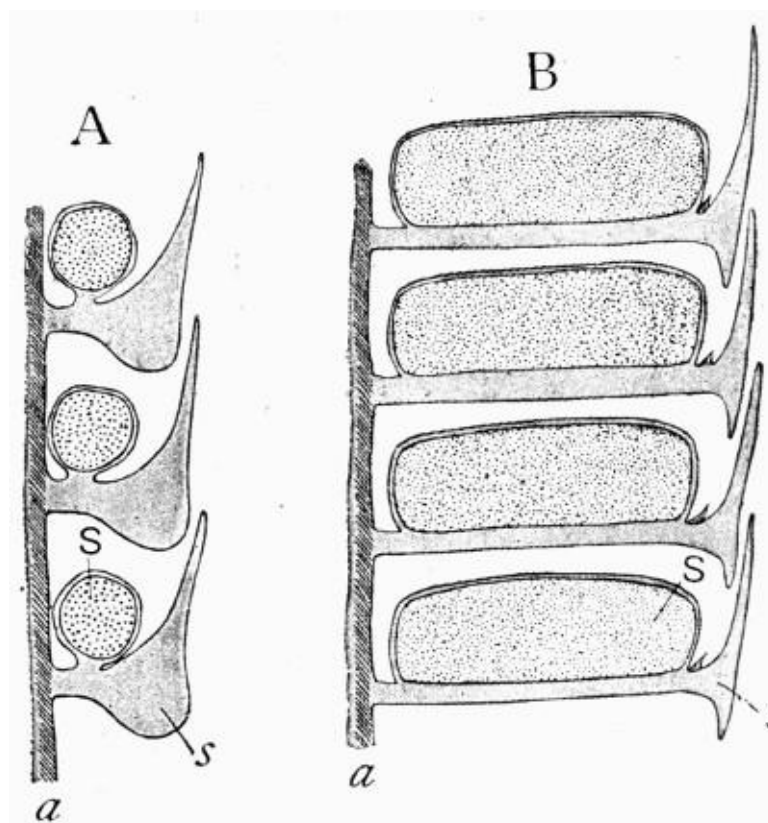


Рис. 46. — А, живой конус ликопода; В, конус *лепидодендрона* (ископаемый). а, ось; s, чешуйка; S, спорангий со спорами. Одна сторона продольного среза.

В общей структуре шишек более простых видов *Lepidodendron* (ископаемые, см. [фронтиспис](#)) также наблюдается близкое сходство с современными плаунами (), хотя в отношении размера и количества спор существует значительная разница в пользу ископаемых. Строение каждого из них таково, что вокруг оси шишки расположены простые чешуйки, на верхней стороне каждой из которых находится большой спорангий, несущий многочисленные споры одного вида (см. [рис. 46](#)).

Столь же схожими являются шишки современного *Equisetum* и некоторых простых представителей ископаемого семейства *Calamiteae*, но более интересны случаи, в которых наблюдаются важные морфологические различия.

Что касается второго поколения ^[7], то недавно были представлены очень важные данные, полученные на основе изучения чрезвычайно молодых стадий развития. В спорангии папоротника *прорастающие споры* были окаменелы, что позволило увидеть первые деления споровой клетки. Они кажутся идентичными первым делениям некоторых современных папоротников (см. [рис. 47](#)). Это интересно не только потому, что показывает близкое сходство в деталях между растениями столь разного возраста, но и является замечательным примером деликатного сохранения мягких и наиболее скоропортящихся структур в «угольных шарах».

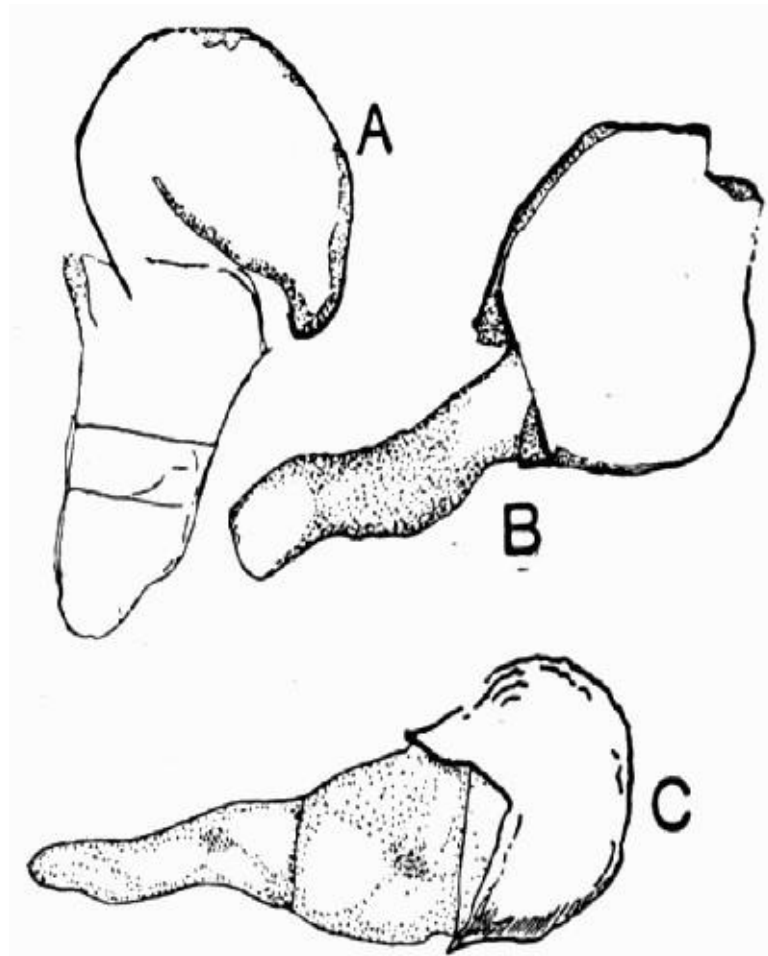


Рис. 47. — Прорастающие споры папоротника

А и В — из каменноугольных окаменелостей; С — живой папоротник. (А и В по Скотту.)

Хотя эти несколько случаев иллюстрируют сходство между плодовыми органами углеродных отложений и современными, большой размер и успешный характер примитивных растений углеродных отложений сопровождались многими изменениями в их репродуктивных органах, которые больше не встречаются у живых форм, и большее количество палеозойских плодовых органов должно быть рассмотрено в следующей главе.

ГЛАВА VII

МИКРОСТРУКТУРА ИСКОПАЕМЫХ РАСТЕНИЙ — ОТЛИЧИЯ ОТ СОВРЕМЕННЫХ

В прошлой главе мы видели, что основные морфологические разделы — корни, стебли, листья и плодоношения — были столь же отчетливыми в угольном периоде, как и сейчас. Однако в ископаемых углеродного периода есть одна структура, которая практически не имеет аналогов среди живых растений, — это ископаемое, известное как *Stigmaria*. *Стигмария* — это название, данное не отдельному виду растений, а крупным корнеподобным органам, которые, как мы знаем, принадлежали всем видам *Lepidodendron* и *Sigillaria*. На [фронтисписе](#) эти органы хорошо видны: они ответвляются у основания ствола, расходясь по горизонтали, и по внешнему виду похожи на крупные корни. Однако они развиты особенно регулярно: главный ствол всегда дает четыре первичных ветви, каждая из которых делится на две равные ветви, и так далее — в этом они отличаются от обычных корней деревьев. Они имели многочисленные корешки, структуру которых мы знаем очень хорошо, поскольку они являются самыми распространенными из всех ископаемых, но по своей внутренней анатомии основные «корни» не имели структуры, характерной для корней, а были похожи на *стебли*. У живых растений есть много примеров стеблей, которые проходят под землей, но они всегда имеют хотя бы зачатки листьев в виде чешуек, в то время как ископаемые структуры, по-видимому, не имеют даже следов самых маленьких чешуек, а имеют только корешки, тем самым напоминая настоящие корни. Вопросы морфологии, которые поднимают эти структуры, слишком сложны, чтобы обсуждать их здесь, и *Stigmaria* () приводится только в качестве примера, одного из немногих доступных, палеозойской структуры, которая, по-видимому, не может быть однозначно определена как корень, стебель, лист или плодоношение. Среди живых растений тонкие корнеподобные ризофиты *Selaginella* имеют некоторое сходство со *Stigmaria* в основных чертах, хотя и сильно отличаются от них во многих отношениях, и, вероятно, являются наиболее близкой аналогией среди современных растений.

Как мы уже видели, отдельные клетки у ископаемых и современных растений удивительно похожи. Конечно, существуют специфические разновидности, характерные для ископаемых, из которых, пожалуй, наиболее поразительными кажутся некоторые формы *волосковых* клеток. Например, у одного вида папоротника из французских скал были многоклеточные волоски, которые выглядели как маленькие стебли *Equisetum* из-за регулярных полос зубцов на стыках клеток. Эти волоски были весьма характерны для этого вида, но волоски всех видов всегда отличались большим разнообразием, поэтому такое различие имеет лишь незначительное значение.

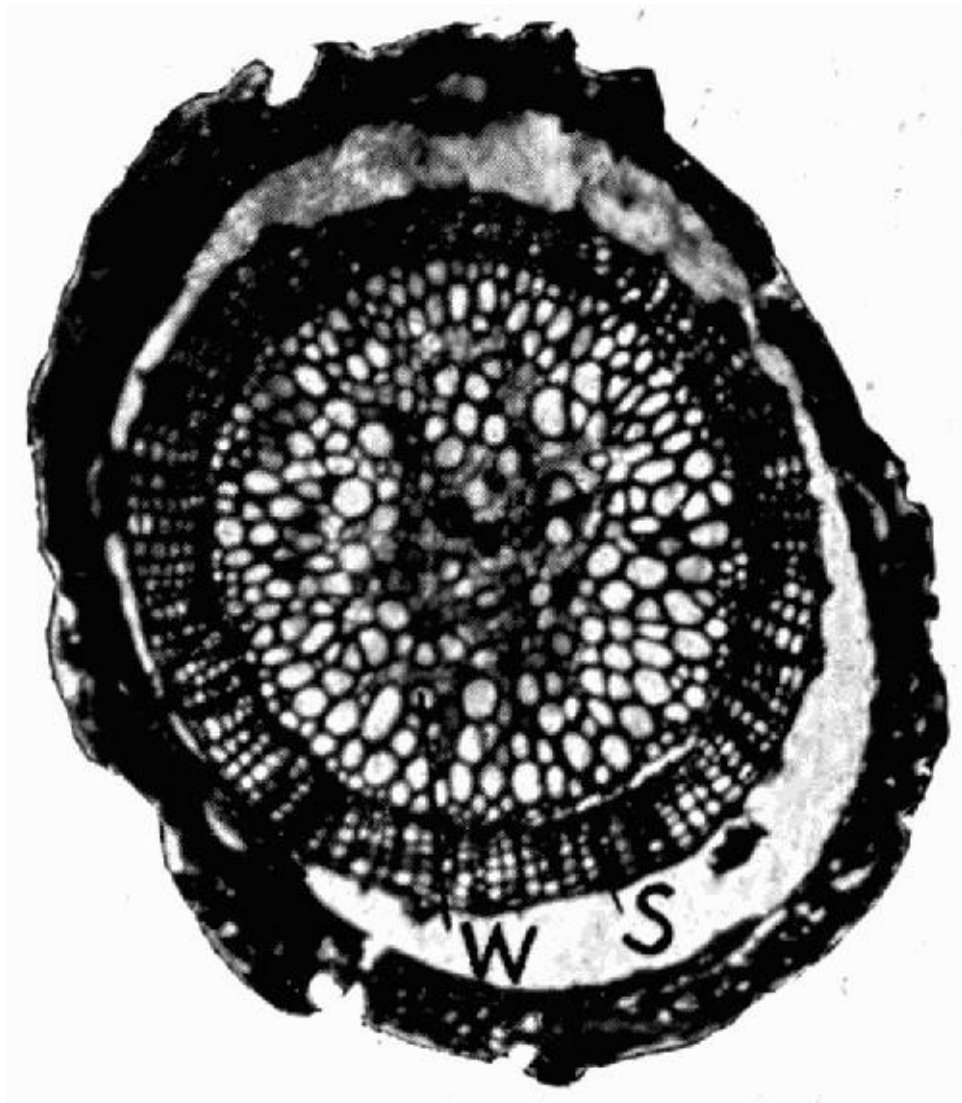


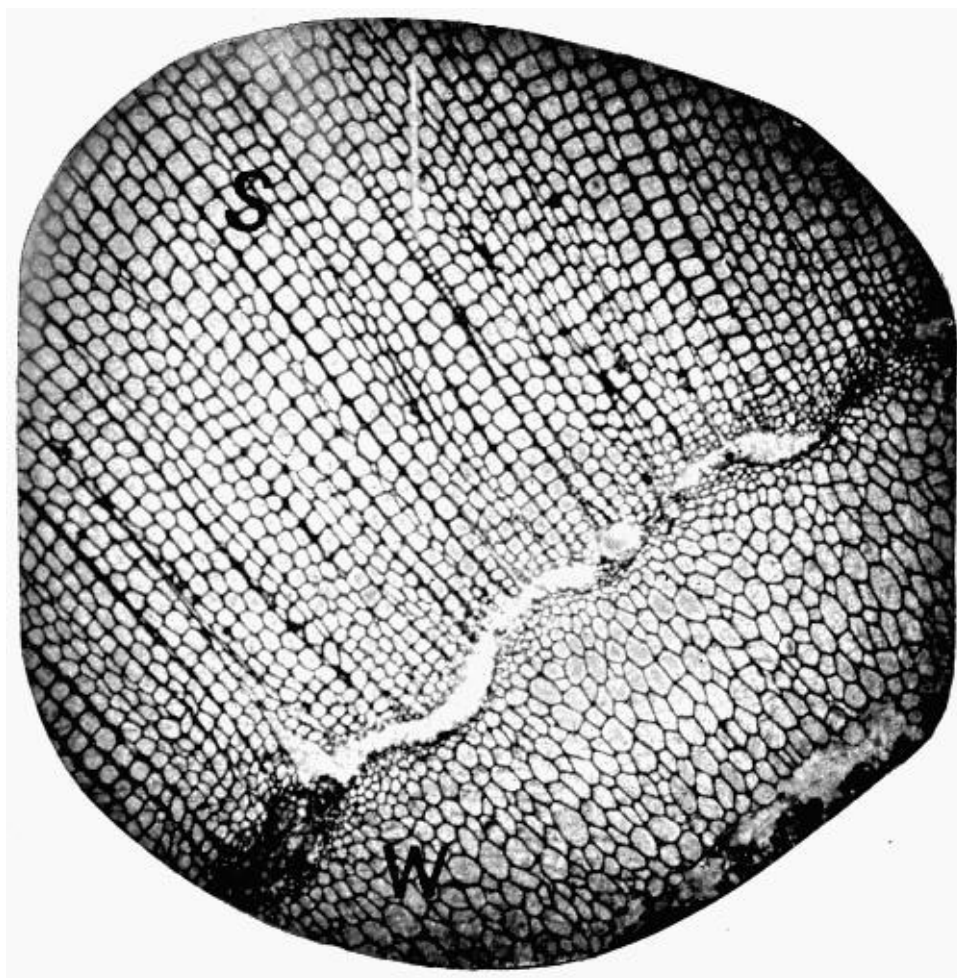
Рис. 48. — Стелла *Lepidodendron* W, окруженная небольшим кольцом вторичной древесины S

Как отмечено в таблице ([с. 58](#)), единственными типами клеток первостепенной важности, которые не развились у палеозойских растений, были древесные сосуды, флоэма и сопутствующие клетки, характерные для цветковых растений.

Среди ископаемых наиболее интересны сосудистые структуры, и, помимо всех типов развития стели, отмеченных в предыдущей главе как общие для живых и ископаемых растений, существуют и другие разновидности, встречающиеся только среди ископаемых (см. [рис. 50](#)).

Простой протостел, описанный (на [стр. 61](#)), все еще встречается, особенно на очень ранних стадиях развития живых папоротников (), но это тип сосудистой системы, который не является распространенным у зрелых растений в настоящее время. Однако в каменноугольный период протостела была характерна для одной из двух основных групп

папоротников. У разных видов этих папоротников протостела принимала самые разные формы, а также простой цилиндрический тип. Центральная масса древесины у некоторых видов становилась пятилучевой, звездообразной и даже очень глубоко лопастной, с слегка нерегулярными лучами, но во всех этих случаях она оставалась в основном монотельной. Часто вторичная ткань развивалась вокруг протостелей растений, у которых у их современных родственников такой ткани нет. Пример такого рода показан на [рис. 48](#), где изображена простая круглая стела, окруженная зоной вторичной древесной ткани у одного

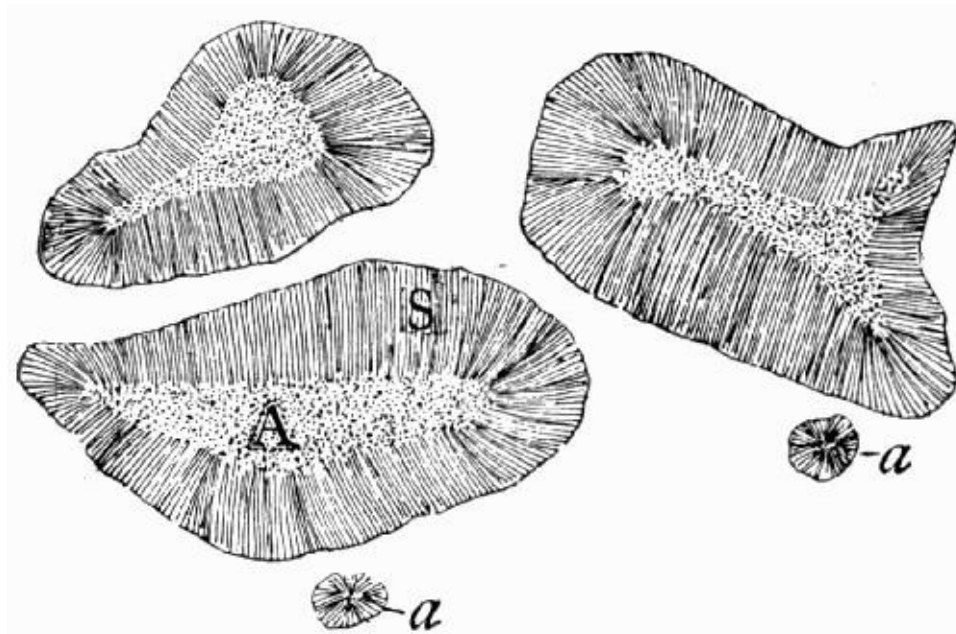


из видов *Lepidodendron*.

Рис. 49. — *Lepidodendron*, показывающий часть полого кольца первичной древесины W с относительно большим количеством вторичной ткани S, окружающей его.

У многих видов *Lepidodendron* количество вторичной древесины, образованной вокруг первичной стели (), было очень большим, так что (как и у высших растений) первичная древесина стала относительно незначительной по сравнению с ней. У большинства видов *Lepidodendron* первичная стеля представляет собой полый кольцевой слой древесины (см. [рис. 38, стр. 62](#)), вокруг которого развивалась вторичная древесина, как показано на [рис. 49](#).

Эти два случая иллюстрируют особенность ископаемых растений. Среди живых растений твердые и простые кольцевые стели встречаются почти исключительно у папоротниковых, у которых вторичная древесина не развивается, но палеозойские папоротниковые, имея простые первичные типы стели, обладали большим количеством вторичной ткани, что



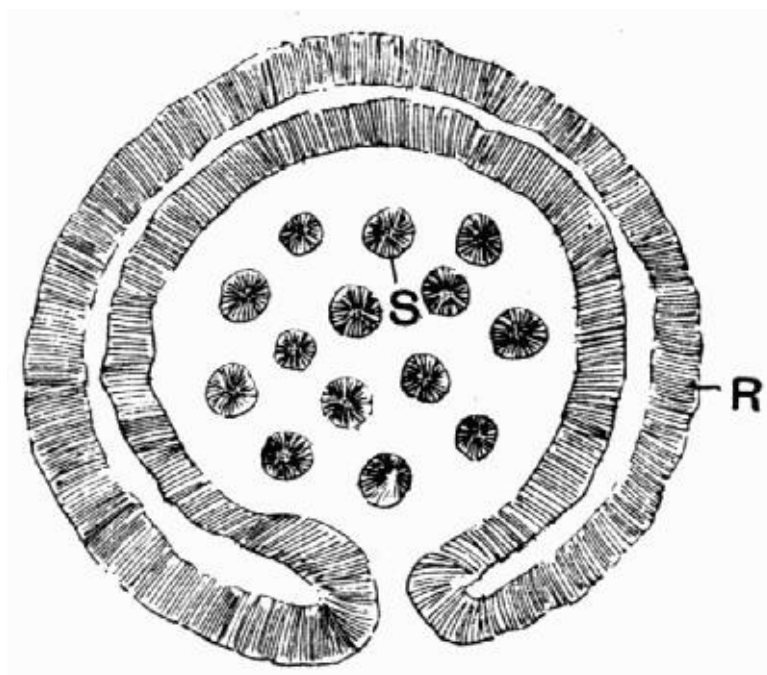
коррелировало с их большими размерами и доминирующим положением.

Рис. 50. — Схема стел английского *Medullosa*, показывающая три нерегулярных, твердых стелы А с вторичными утолщениями S, расположенными по всему периметру. а, Небольшие вспомогательные стелы

Среди *полистельных* типов (см. [стр. 63](#)) мы находим интересные примеры в ископаемой группе *Medulloseae*, которые гораздо более сложны, чем любые известные в настоящее время, как благодаря своей первичной структуре, так и благодаря тому своеобразному факту, что все стели развивали вторичную ткань как к внутренней, так и к внешней стороне. Один из более простых представителей этого семейства, найденный в английских угольных пластах, изображен на [рис. 50](#). Здесь есть три основных протостелы (и несколько нерегулярных второстепенных), каждая из которых имеет значительное количество вторичной ткани по всему периметру, так что часть вторичной древесины растет к центру всего стебля — очень аномальное явление.

В более сложном континентальном типе *Medullosa* имеется *очень* большое количество стел. На [рисунке 51](#), изображающем континентальный тип, представлено лишь несколько из них. Есть большая внешняя двойная кольцевая стела с вторичной древесиной типа « » по обеим сторонам, а внутри них — ряд небольших стел, все разбросанные по основной ткани и каждая окруженная вторичной древесиной. В реальных образцах количество этих центральных стел гораздо больше, чем указано на схеме.

Сегодня не существует растений с таким расположением сосудистого цилиндра. Похоже, что в ранний период, когда процветали *Medulloseae*, стели экспериментировали в различных направлениях. Типы, показанные на рис. [50](#) и [51](#), явно являются расточительными (поскольку вторичная древесина, развивающаяся к центру стебля, в конечном итоге должна соединиться) и сложными, но, по-видимому, неэффективными, что может частично объяснить тот факт, что этот тип структуры не сохранился до наших дней, хотя более



простые и столь же древние типы сохранились.

Рис. 51. — Континентальная *Medullosa*, показывающая R, внешнюю двойную кольцевую стелу с вторичной древесиной вокруг нее; S, внутренние звездообразные стелы, также окруженные во всех случаях вторичной тканью

Более подробные сведения об анатомии окаменелостей будут приведены при рассмотрении отдельных семейств; приведенные здесь иллюстрации достаточно показывают, что в угольных отложениях встречались как очень разные расположения стел, так и такие, которые были схожи с существующими в настоящее время. Значение этих различий станет очевидным при рассмотрении их связи с другими признаками растений.

Плодовые тела, всегда являющиеся наиболее важными частями растения, представляют собой обширную область, и различия между более распространенными палеозойскими и современными типами на первый взгляд кажутся очень большими. Действительно, когда приходится описывать палеозойские репродуктивные органы, часто необходимо использовать общие описательные термины в измененном и более широком смысле.

Среди современных растений существует много разновидностей простых одноклеточных репродуктивных масс, которые называются *спорами* и которые обычно образуются в больших количествах внутри спорового мешка или спорангия. Среди высших растений также известны *семена* в бесконечном разнообразии, все из которых, по сравнению со спорами, очень сложны, поскольку представляют собой многоклеточные структуры, состоящие в основном из зародыша или молодого растения, заключенного в различные защитные оболочки. Различие между ними резкое и четко определено, и для исследователя живых растений не составляет труда разделить и описать семена и споры.

Но когда мы оглядываемся на прошлые эпохи и рассматриваем палеозойские растения, вопрос становится не таким простым, и два основных типа потенциально репродуктивных масс не так четко различаются. Семена, как мы их знаем среди современных растений и как они обычно определяются, еще не полностью эволюционировали, в то время как споры были очень разнообразны и эволюционировали в нескольких направлениях, некоторые из которых, например, , по-видимому, были промежуточными стадиями между простыми спорами и настоящими семенами. Эти семеноподобные споры служили для размножения растений того периода, но их тип с тех пор вымер и оставил среди живых растений только два основных метода, а именно: по сути простые споры, чья очень простая организация обеспечивает им надежную позицию, и сложные семена с их бесконечным разнообразием методов защиты и распространения содержащихся в них молодых зародышей.

Среди окаменелостей угольных пластов мы можем найти некоторые ранние стадии эволюции семени из споры, или, по крайней мере, мы можем изучить промежуточные стадии между ними, которые дают некоторое представление о возможном ходе событий. Следовательно, хотя различия между современными репродуктивными структурами и палеозойскими являются столь заметной чертой, можно увидеть, что на самом деле эти различия существуют между членами на двух концах ряда, а не между несвязанными объектами.

Здесь можно упомянуть очень немногие типы, и для того, чтобы прояснить их взаимосвязь, более полезной будет краткая серия диаграмм с пояснениями, чем подробное описание структур.

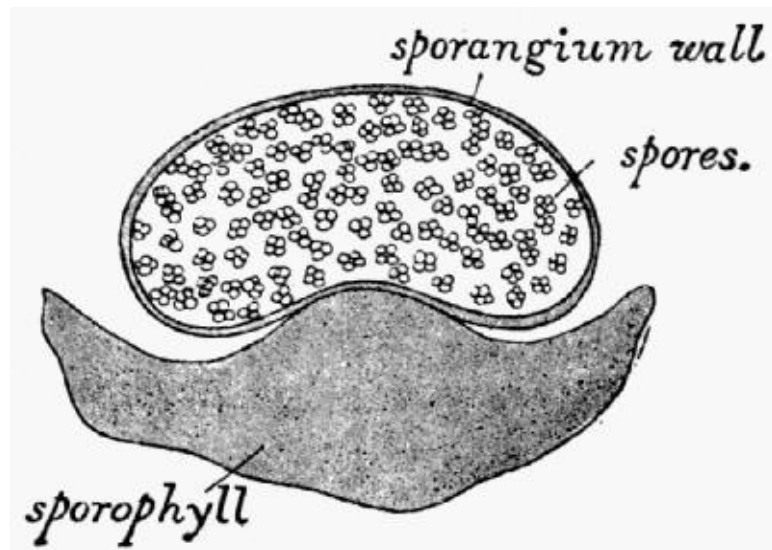


Рис. 52. — Споры

Каждая спора представляет собой одиночную клетку, которая развивается вместе с тремя другими в тетрадах (группах по четыре). Очень многочисленные тетрады заключены в спорный кожух или спорангий, который развивается на листообразном сегменте, называемом спорофиллом. Каждая спора прорастает независимо от других после рассеивания, все они одинакового размера. Распространены в ископаемых и живых папоротниковых растениях.

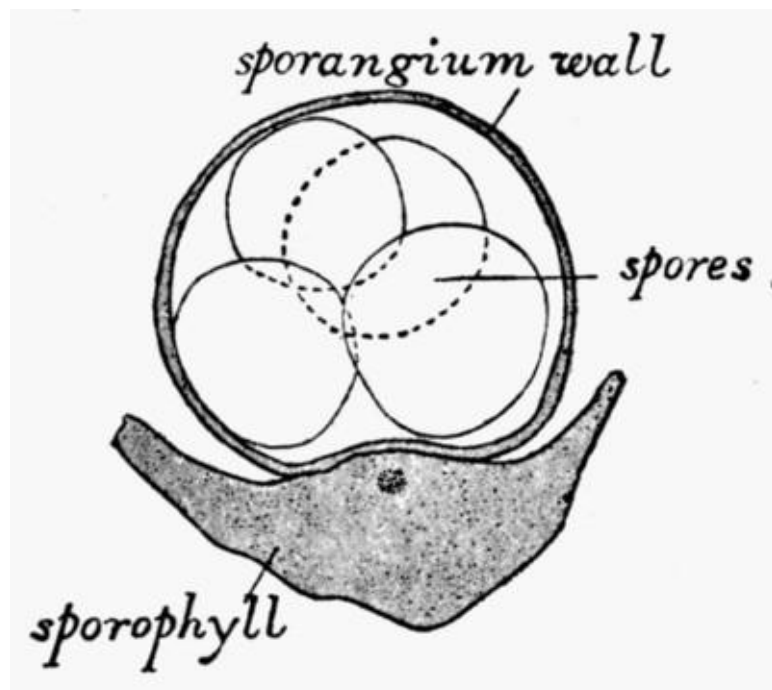
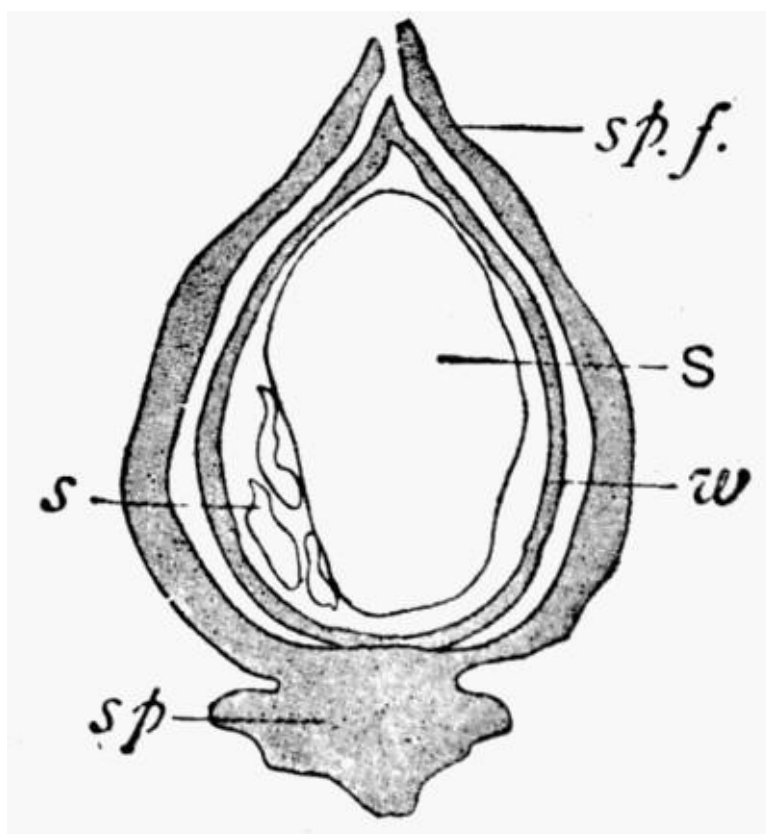


Рис. 53. — Споры

Каждая клетка такая же, как и предыдущая, но здесь созревает только одна тетрада в спорангии, так что каждая содержит только четыре споры. По сравнению с предыдущими типами эти споры очень большие. В остальном детали аналогичны вышеописанным. Некоторые ископаемые имеют такие спорангии с восемью спорами или другим небольшим количеством; у живых селлагинелл их четыре. В том же конусе развиваются



спорангии с маленькими спорами, из которых образуются мужские органы.

Рис. 54. — «Споры» семенного типа

Из тетрады в каждом спорангии созревает только одна спора, S на рисунке, остальные, s, погибают. Стенка спорангия, w, более массивная, чем в предыдущих случаях, и из спорофилла с каждой стороны вырастают лопасти, sp f, которые окружают и защищают спорангий. Одна большая спора, по-видимому, прорастает внутри этих защитных оболочек и не рассеивается отдельно от них. Встречается только в окаменелостях, один из способов размножения у *Lepidodendron*. Развились другие спорангии с мелкими спорами, которые дали начало мужским органам.

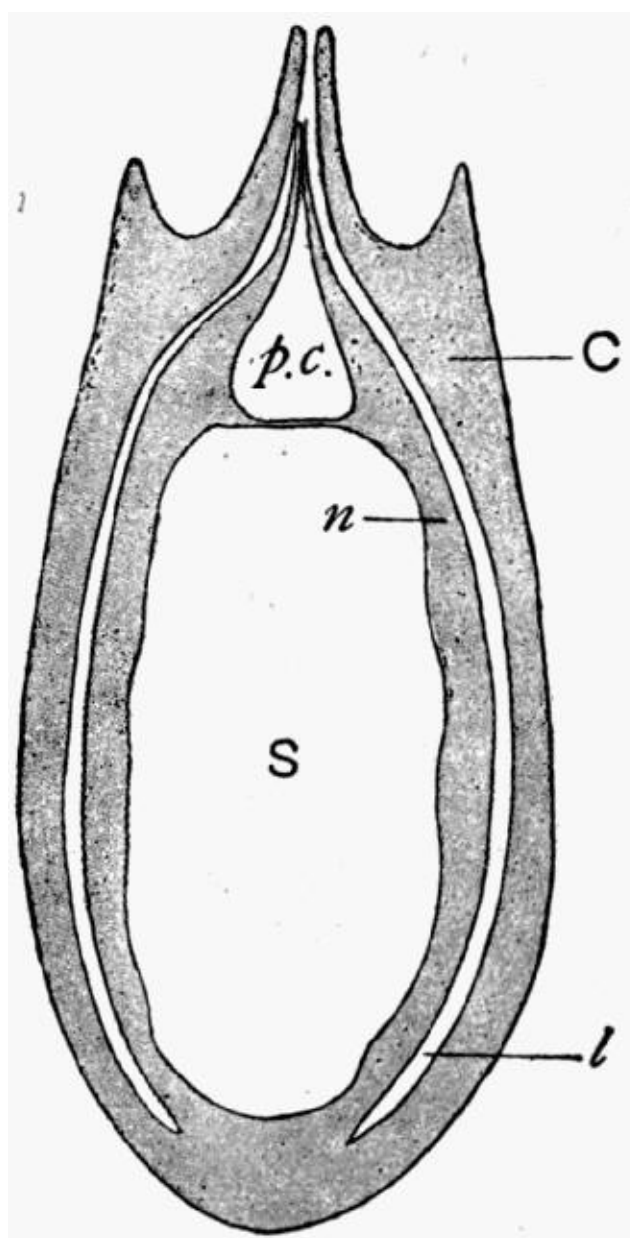


Рис. 55. — «Семя»

По внешнему виду это похоже на семя, но отличается от настоящего семени отсутствием зародыша и похоже на предыдущую структуру наличием очень большой споры, *S*, хотя нет следов трех абортированных. Спора развивается в специальной массе ткани, известной как нуцеллус, *n*, которая частично соответствует стенке спорангия предыдущих типов. В ней полость *p.c.*, пыльцевая камера, принимает пыльцевые зерна, которые попадают в верхушку «семени». Вокруг нуцеллуса находится сложная оболочка *C*, которая не соединяется с ним, оставляя между ними пространство *l*. Только в ископаемых; *Trigonocarpus* (см. [стр. 122](#)) имеет аналогичную структуру. Мелкие споры в папоротникообразных спорангиях, называемые пыльцевыми зёрнами.

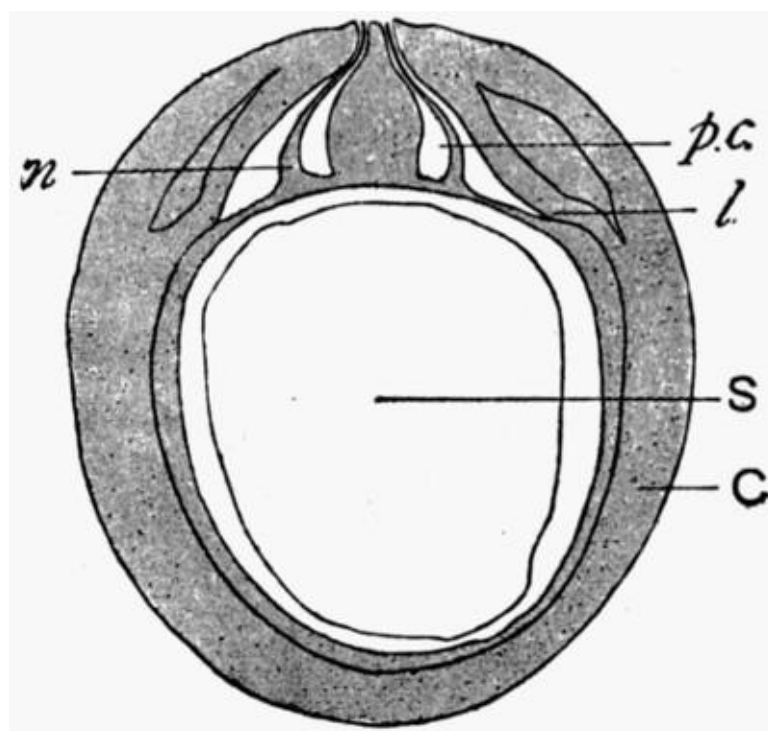


Рис. 56. — «Семя»

Очень похожа по строению на вышеописанную, но оболочка соединена с нуклеусом примерно на две трети своей длины и до уровня *l*. В пыльцевой камере *p c* выступает конус нуклеарной ткани, а верхняя часть оболочки рифленая, но эти сложности не имеют первостепенного значения. Большая спора *S* проросла и была оплодотворена внутри «семени», но, по-видимому, не произвела зародыша до созревания. Мелкие «споры» в папоротникообразных спорангиях образуют пыльцевые зерна. Только в ископаемых, *например*, *Lagenostoma*. (См. [стр. 119.](#))

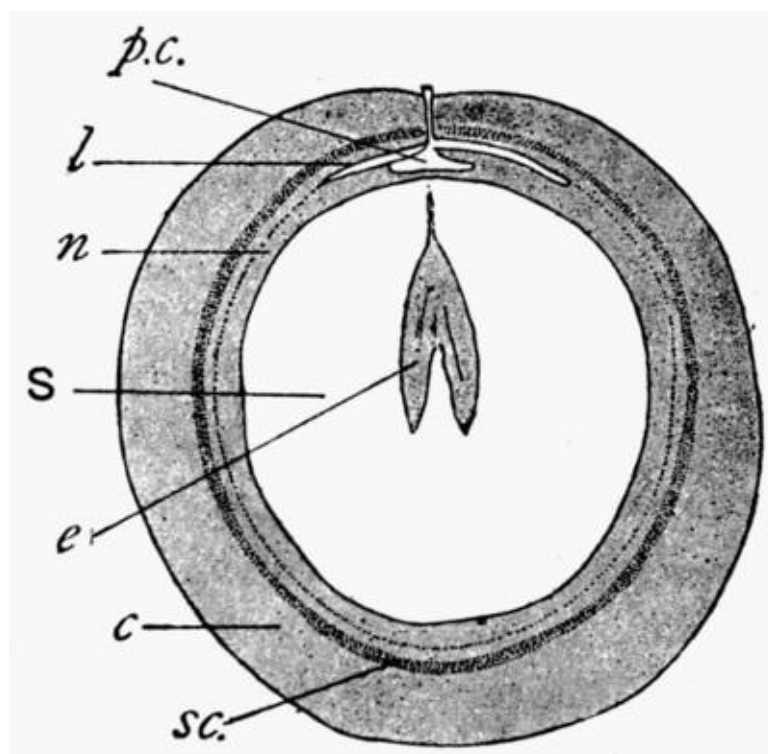


Рис. 57. — Семя

По сути похоже на предыдущее, за исключением наличия зародыша *e*, который, однако, невелик по сравнению с эндоспермом, заполняющим спору *S*. Вся организация проще, чем у ископаемого *Lagenostoma*, но оболочка сращена с нуклеусом выше (см. *l*). Мелкие «споры» образуют пыльцевые зерна. Живой и ископаемый тип, саговники и гинкго.

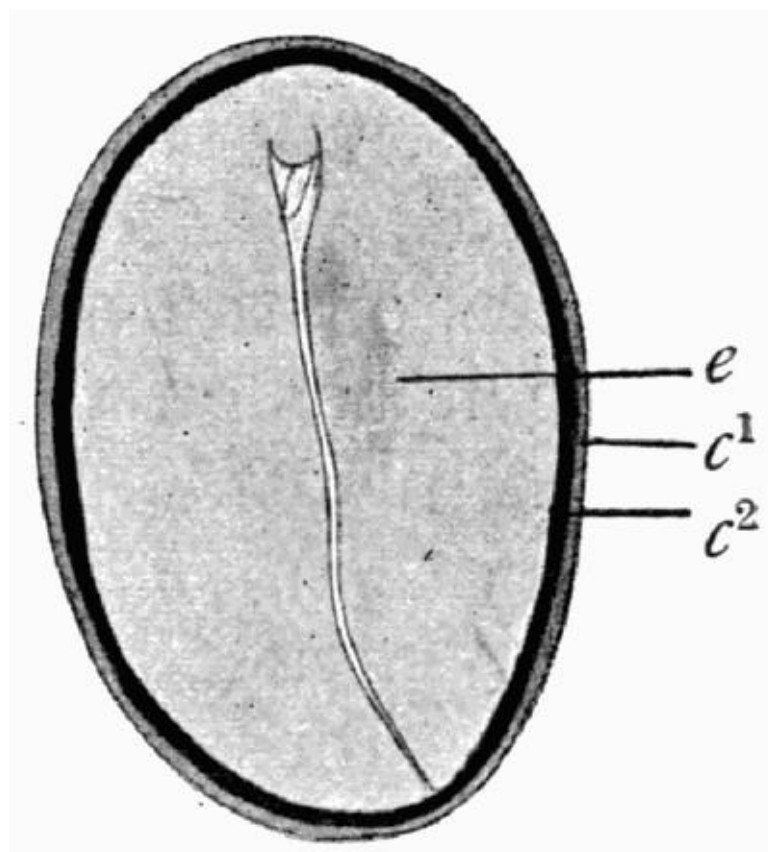


Рис. 58. — Семя

В зрелом семени большой зародыш *e* практически заполняет все пространство между двумя семенными оболочками *c¹* и *c²*; эндосперм, пыльцевая камера и т. д. были устранены, и молодая завязь очень проста и мала в результате защиты и активной работы плодолистиков, в которых она заключена. Небольшие «споры» образуют пыльцевые зерна. Типично для живых двудольных.

Эти несколько иллюстраций представляют только основные разделы армии структур с почти невообразимым богатством разнообразия, которые необходимо оставить без внимания.

Для структур, изображенных на рис. [54](#), [55](#) и [56](#), у нас нет названий, поскольку их возможное существование не было предусмотрено при изобретении нашей терминологии, и никто еще не дал им новых, четких названий. Они явно слишком сложны по своей организации и слишком похожи на семена в нескольких отношениях, чтобы их можно было назвать спорами, но в них отсутствует важнейший элемент семени, а именно зародыш. Термин «завязь» (обычно применяемый к молодому семени, в котором еще не развился зародыш) также не подходит к ним, поскольку их ткани созрели и затвердели, а сами они были большого размера и, по-видимому, полностью выросли и созрели.

На данный момент название не имеет большого значения; важно только признать их промежуточный характер и то, что они проливают свет на возможную эволюцию современных семян.

Еще одним интересным моментом является то, как эти «семена» созревали на растении. Сегодня семена всегда развиваются (за исключением *Cycas*) в шишках или цветках, или, по крайней мере, в специальных соцветиях. Но «семена» *Lagenostoma* (рис. 56), а также ряда других видов из этой группы, не находились на специальной структуре, а непосредственно на зеленых листьях (). В этом они были на одном уровне с простыми спорангиями папоротников, которые появляются на обратной стороне листьев, что имеет большое значение как для нашего представления об эволюции семян как таковых, так и для взаимосвязи между различными группами родственных растений. Об этом будет сказано позже (глава XI), а сейчас это упоминается только как пример различия между некоторыми признаками ранних ископаемых и современных растений.

Правда, ботаники давно признали орган, несущий семена, модифицированным листом. Завязи всех высших растений считаются гомологичными листьям, хотя внешне они не похожи на них. Иногда среди живых растений странные болезни приводят к тому, что плодолистики становятся листовидными, и когда это происходит, пораженный плодолистик более или менее возвращается к предполагаемому листовидному состоянию предков. Однако только среди древних (но недавно обнаруженных) ископаемых известны случаи, когда семена нормально созревают на листьях.

Из мезозойских растений мы узнаем новые представления о цветах и репродуктивных соцветиях в целом, но их рассмотрение следует отложить до рассмотрения семейства в целом (глава XIII).

Достаточно было приведено примеров, чтобы показать, что, хотя отдельные клетки, так сказать «кирпичики» растительного строения, были столь похожи в прошлом и настоящем, органы, построенные из них, постоянно менялись, как ребенок строит все более амбициозные дворцы из одного и того же набора кирпичиков.

ГЛАВА VIII

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СЕМЕЙСТВ

I. Цветущие растения, покрытосеменные

По сравнению с другими группами растений, цветковые семейства имеют недавнее происхождение, однако в том смысле, в котором обычно используется это слово, они действительно являются древними, и самые ранние упоминания о них относятся, по крайней мере, к периодам, которые датируются сотнями тысяч лет назад.

На протяжении всего третичного периода (см. [стр. 34](#)) существовало множество цветковых растений, и есть свидетельства того, что в верхнем меловом периоде существовало много семейств как однодольных, так и двудольных растений. Более ранние данные мало надежны, поскольку немногие образцы так называемых цветковых растений из нижнего мезозоя в большинстве своем сомнительны.

Цветущие растения, по-видимому, сильно изолированы от остального растительного мира; нет *прямых* доказательств связи между их древнейшими представителями и какими-либо более примитивными семействами. Насколько нам известно, они могли появиться в середине мезозойского периода совершенно независимо от других растений, живших в то время, хотя существуют подробные и почти убедительные теории об их связи с более чем одной группой их предшественников (см. [стр. 108](#)).

Особенно прискорбно то, что, хотя породы мелового и третичного периодов гораздо менее древние, чем породы угольных отложений, они гораздо хуже сохранили для нас растения, которые жили в то время, когда они образовались. До сих пор никто не нашел в мезозойских

^[8] слоях массивов прекрасно минерализованных фрагментов покрытосеменных растений, подобных тем, что были найдены в угольных отложениях, которые так много рассказывают нам о более древних растениях. Известны случаи более или менее изолированных фрагментов с минерализованными микроскопическими тканями. Например, есть некоторые пальмы и папоротники из Южной Америки, анатомическая структура которых очень четко сохранилась в кремнеземе и которые, по-видимому, очень похожи на живые виды своих родов. Большая часть растений, сохранившихся из этих периодов, найдена в виде слепков или отпечатков (см. [стр. 10](#)), которые, как уже было отмечено, гораздо менее удобны для изучения и дают гораздо менее надежные результаты, чем образцы, у которых окаменела также внутренняя структура. Однако количество материала велико, и отпечатки отдельных листьев бесчисленны, а образцы листьев, прикрепленных к стеблям, и даже цветов и плодов, можно найти в более поздних слоях пород. Как правило, их легко распознать как принадлежащие к тому или иному роду живых цветущих растений. Отпечатки листьев встречаются гораздо чаще всего, и наши знания о флоре третичного периода в основном получены из их изучения. Обычно сохраняются их очертания и жилки, часто также черешки и некоторые признаки толщины и характера мясистой части листа. По очертаниям и

жилкам эксперт обычно может определить вид, к которому принадлежит растение, хотя не всегда можно полностью доверять этим определениям или делать на их основе далеко идущие выводы.

На [рис. 59](#) показана фотография отпечатка третичного листа, которая иллюстрирует состояние среднестатистического хорошего образца из пород того периода. Его форма и характер жилок достаточны, чтобы сразу определить его принадлежность к группе двудольных цветковых растений.

Также можно найти семена и плоды; в некоторых очень хорошо сохранившихся образцах из Японии на светлом камне четко видны отпечатки тычинок цветка и нежных семян. На [рис. 60](#) показана пара таких семян (), на которых видны не только их крылышки, но и маленькие антенноподобные рыльца. Образцы, сохранившиеся в столь идеальном состоянии, практически не уступают гербарным материалам современных растений, и благодаря этому нам довольно хорошо известны внешние особенности третичных растений.



Рис. 59. Отпечаток листа двудольного растения из третичных пород

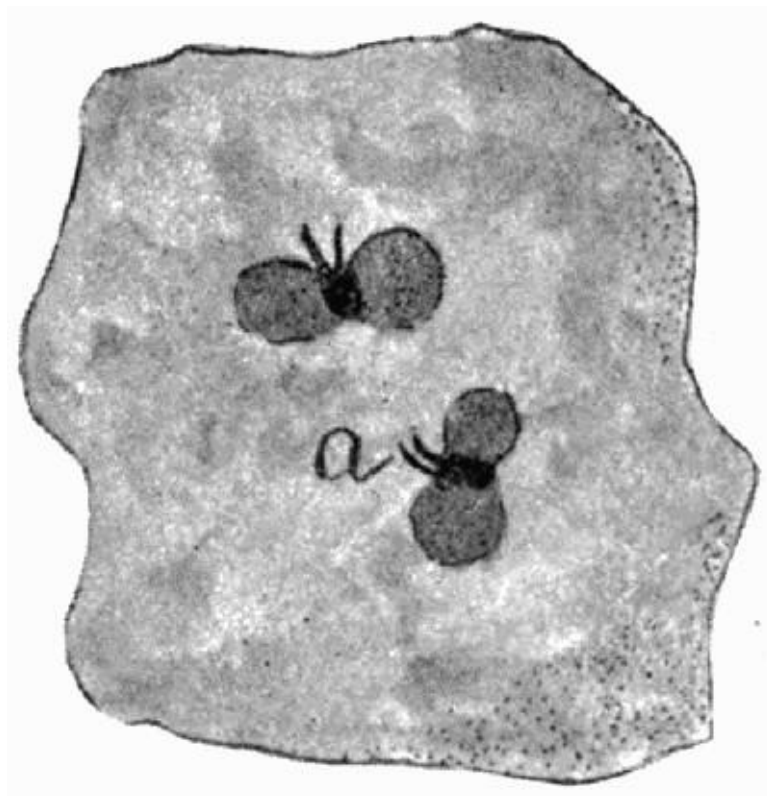


Рис. 60. Семена из японских третичных пород; на *a* видны два сохранившихся рыльца

Проблема, которая долгое время обсуждалась и вызывала большой интерес, — это относительная древность однодольных и двудольных ветвей цветковых растений. Кажется, что над этой все еще неразгаданной загадкой витает особое очарование, и можно сказать, что между лилией () и розой идет борьба за первенство. Недавние исследования не пролили решающего света на этот вопрос, но, несомненно, опровергли старое мнение, согласно которому однодольные (группа лилий) появились на Земле гораздо раньше, чем двудольные. Старые авторы основывали свои утверждения на неправильно определенных окаменелостях. Например, семена из палеозойских пород были описаны как однодольные из-за трех или шести ребер, которые были так характерны для их оболочки; теперь мы знаем, что эти семена (*Trigonocarpus*) принадлежат к семейству, уже упомянутому в другом контексте ([с. 72](#)), *Medulloseae* (см. [с. 122](#)), родство которого лежит между саговниками и папоротниками. Листья *Cordaitea*, которые широкие и длинные с хорошо выраженными параллельными жилками, были описаны как листья однодольного растения, подобного современной юкке; но теперь мы знаем, что они принадлежат к семейству истинных голосеменных, возможно, отдаленно родственных *Taxus* (тису).

Недавние исследования, в ходе которых были тщательно проанализированы ископаемые остатки, позволяют сделать вывод только о том, что под слоями нижнего мела еще не было найдено настоящих однодольных растений, а в тот период мы также наблюдаем внезапное появление двудольных растений. Таким образом, насколько это можно судить по палеонтологическим данным, две параллельные группы цветковых растений возникли

примерно в одно и то же время. Однако интересно отметить, что единственное известное в мире окаменелое цветковое растение представляет собой завязь, которая, по-видимому, принадлежит одному из представителей семейства Liliaceae. В тех же железистых узелках, однако, имеется несколько образцов двудольных деревьев, так что это не проливает никакого света на вопрос о приоритете.

Мы не будем здесь рассматривать данные, полученные в результате сравнительного изучения анатомии современных цветковых растений, ограничившись лишь замечанием, что результаты свидетельствуют в пользу двудольных как более примитивных, хотя и не обязательно развившихся намного раньше. До тех пор, пока не будет обнаружено гораздо больше, чем известно на данный момент о происхождении цветковых растений в целом (), невозможно прийти к более определенному выводу по этому широко обсуждаемому вопросу.

Давайте теперь попробуем представить себе растительные сообщества со времени появления цветковых растений. Факты, лежащие в основе следующих представлений, были собраны во многих странах многочисленными исследователями в области палеонтологической ботаники из разрозненных остатков растений, подобных описанным выше.

Когда появились цветковые растения, они были очень многочисленны, и уже в меловом периоде существовало очень много различных видов. Некоторые из них, по-видимому, принадлежат к родам, которые существуют и по сей день, и многие из них чрезвычайно похожи на современные виды. Было бы утомительно и малополезно приводить список всех зарегистрированных видов этого периода, но можно упомянуть несколько наиболее распространенных, чтобы проиллюстрировать природу процветающих тогда растений.

Несколько видов *Quercus* (дуб) появились рано, особенно *Quercus Ilex*; листья *Juglandaceae* (семейство ореховых) были очень распространены, а среди третичных окаменелостей встречаются их плоды. Как *Populus* (тополь), так и *Salix* (ива) датируются ранними породами, в то время как *Ficus* (фикус) был очень распространен, а *Casuarina* (казуарина) кажется широко распространенной. Магнолии также были распространены, и, по-видимому, *Platanus* (платан) и *Eucalyptus* (*эвкалипт*) сосуществовали с ними.

Сразу же можно заметить, что все вышеперечисленные растения имеют живых представителей, диких или культивируемых, растущих в этой стране в настоящее время, так что они являются более или менее знакомыми объектами, и, по-видимому, не было никаких заметных различий между ранними цветковыми растениями и современными. Например, между древними лycopодами и ныне живущими различия очень заметны, но самые ранние из известных цветковых растений, по-видимому, были по сути похожи на те, которые процветают сейчас. В этой связи следует помнить, что существующие цветущие растения гораздо ближе по времени к своему происхождению, чем существующие лycopоды, и что когда пройдет столько веков, сколько прошло между настоящим временем и палеозоем, цветущие растения будущего могут оказаться в подчиненном положении, соответствующем положению лycopодов в настоящее время.

Заметной особенностью ранней флоры цветковых растений в целом является относительно большая доля растений, принадлежащих к семейству *Amentiferae* (дубы, ивы, тополя и т. д.). Некоторые считают, что это указывает на то, что это семейство является одним из самых

примитивных видов покрытосеменных растений. Однако эта точка зрения не выдерживает тщательного анализа, поскольку основывается главным образом на большом количестве Amentiferæ по сравнению с другими группами. Amentiferæ были (и остаются) в основном древесными устойчивыми растениями, которые по своей природе более подвержены сохранению в виде отпечатков, чем нежные деревья или травы, которые легче разлагаются и не оставляют следов. На столь же неопределенных доказательствах основано предположение, что группа цветов, классифицируемых как *Gamopetalæ* (цветы с лепестками, соединенными в трубку, как у вьюнка), не процветала в древние времена, а является более высоким и поздним развитием типа цветка. *Вибурум* (родственный жимолости) принадлежит к этой группе и встречается еще в меловом периоде, а *Sambucus* (бузина, из того же семейства) известен в раннем третичном периоде. Эти два растения () являются древесными кустарниками или небольшими деревьями, в то время как многие другие растения этого семейства являются травами, и примечательно, что именно эти древесные, устойчивые формы сохранились в виде окаменелостей; их наличие свидетельствует о древности группы в целом, а отсутствие других ее членов можно обоснованно объяснить случайностями сохранения. В третичном периоде мы также встречаем представителя семейства вересковых, а именно *Andromeda*, и еще одно трубчатое цветковое растение, *Bignonia*, а также несколько других древесных гамопетальных цветов.

Поэтому следует с большой осторожностью делать какие-либо важные выводы на основе относительного количества различных видов или отсутствия какого-либо типа растений в списках тех, которые на данный момент известны из мелового периода. Когда можно будет исследовать большое количество сохранившегося материала, содержащего окаменелые цветковые растения, тогда можно будет с некоторой уверенностью говорить о природе мезозойской флоры в целом.

Однако уже накопленные достоверные данные имеют большую ценность, и на их основе можно с уверенностью сделать определенные выводы. Образцы меловых растений из разных частей мира, по-видимому, указывают на то, что флора того периода была очень однородной во всем мире. Например, в Америке и Центральной Европе росли одни и те же виды растений. Мы увидим, что с течением времени различные виды разделились, вымерли в разных местах, пока каждый большой континент и часть суши не обрели свой особый набор растений. Однако в начале господства цветковых растений они, по-видимому, жили вместе, как, по преданию, первые животные жили в Эдемском саду.

В начале третичного периода еще существовало много тропических видов, таких как пальмы, саговники, *нипа*, различные *артокарповые*, *лавровые*, *аралиевые* и другие, которые росли бок о бок с такими умеренными видами, как *дуб*, *ольха*, *береза*, *тополь*, *калина* и другие того же рода. До середины третичного периода последние саговники вымерли на территории современной Европы, а вскоре после середины третичного периода все тропические виды вымерли в этой зоне.

В то же время стали распространенными растения, листья которых, по-видимому, опадали в конце теплого сезона, что считается признаком влияния климата. Некоторые авторы считают, что в меловом периоде не было холодного сезона и, следовательно, не было регулярного периода опадения листьев, но по мере того, как климат становился умеренным, количество лиственных деревьев увеличивалось ; однако гимноспориальные и

ангиоспермические леса, которые встречаются с окаменелой структурой, имеют хорошо выраженные годовые кольца и, по-видимому, противоречат этой точке зрения.

К концу третичного периода в европейской флоре практически не осталось тропических видов, хотя все еще сохранялось количество растений, которые в настоящее время встречаются либо только в Америке, либо только в Азии.

Ледниковый период в конце третичного периода, по-видимому, вытеснил все растения, а после того, как ледники отступили, сократившись до севера и склонов высоких гор, виды растений, которые вернулись, чтобы занять землю в четвертичном периоде или в настоящее время, были теми, которые все еще обитают на ней, и флора тропиков, Азии и Америки больше не смешивалась с флорой Европы. ^[9]

ГЛАВА IX

ИСТОРИЯ РАСТЕНИЙ

II. Высшие голосеменные

Более позднюю историю высших голосеменных растений, в верхнем меловом и третичном периодах, можно сравнить с историей цветковых растений, описанной в предыдущей главе. Многие из родов, по-видимому, были теми же, что и сегодня, а некоторые виды, возможно, были очень близки к современным или даже идентичны им. Формы, характерные в настоящее время для разных континентов, росли вместе и, по-видимому, были широко распространены по всему земному шару. Например, *секвойя* и *таксодиум*, два вида, характерные в настоящее время для Америки, и *глиптостробус*, в настоящее время встречающийся в Азии (), еще в середине третичного периода росли вместе с другими европейскими видами в Европе.

Как и в случае с покрытосеменными, почти все ископаемые остатки голосеменных растений мелового и третичного периодов представляют собой отпечатки и слепки, хотя некоторые более или менее изолированные стебли сохранили свою структуру. Поэтому наши знания об этих более поздних голосеменных растениях далеко не полны. Однако из более древних пород мы имеем как отпечатки, так и микроскопически сохранившийся материал, и знакомы с ними лучше, чем с теми, которые жили ближе к нашему времени. Твердые, устойчивые листья, которые так характерны для большинства современных родов голосеменных, по-видимому, также развивались у прошлых представителей этой группы, и они, как правило, оставляют четкие отпечатки в горных породах, так что у нас есть надежные данные для реконструкции внешнего вида ископаемых форм палеозойского периода.

Смолистый характер древесины голосеменных, вероятно, в значительной степени способствовал ее сохранению, и ее фрагменты очень часто встречаются в горных породах всех возрастов, обычно сохранившихся в кремнеземе, что позволяет увидеть их микроскопическую структуру. Однако изолированная древесина голосеменных не очень поучительна, поскольку из одной только древесины (а обычно сохраняются только фрагменты вторичной древесины) можно узнать мало о физиологической или эволюционной ценности. Когда сохраняются ветки с первичными тканями, корой и листьями, эти образцы имеют большое значение, поскольку позволяют распознать их истинный характер. К счастью, среди угольных шариков есть много таких фрагментов, некоторые из которых сопровождаются плодами и мужскими шишками, благодаря чему мы многое знаем о палеозойских голосеменных и обнаруживаем, что в некоторых отношениях они сильно отличаются от ныне живущих.

Таким образом, о ископаемых голосеменных можно сказать гораздо больше, чем о покрытосеменных, как из-за лучшего качества их сохранности, так и потому, что их история восходит к гораздо более раннему периоду, чем история покрытосеменных. Действительно,

мы не знаем, когда появились голосеменные; хорошо развитая и древняя группа *Cordaiteæ* процветала до каменноугольного периода и, следовательно, должна восходить к породам, о которых у нас нет достоверной информации с этой точки зрения, а происхождение голосеменных должно лежать в докаменноугольном периоде.

Группа голосеменных включает в себя ряд родов разных типов, большинство из которых можно отнести к семи основным семействам. В таком кратком обзоре, конечно, совершенно невозможно рассмотреть все менее важные семейства и роды. Здесь будут рассмотрены следующие:

Coniferales (см. [стр. 90](#)).

Araucareæ,

например, араукария

Роды как живые, так и ископаемые.

Ископаемые формы, несомненно, относятся к юрскому периоду и, предположительно, к более поздним периодам.

Abietineæ,

например, сосна и лиственница

Живые и ископаемые виды.

Ископаемые формы, признанные еще в нижнем меловом периоде.

Cupresseæ,

например, можжевельник, кипарис

Роды как живые, так и ископаемые.

Ископаемые виды, известные еще с юрского периода.

Taxeæ,

например, тис

Живые и ископаемые виды.

Ископаемые, признанные еще в меловом периоде.

Cordaitales (см. [стр. 92](#)).

Cordaiteæ,

например, Кордаиты

Только ископаемые.

Характерны для девонского, каменноугольного и пермского периодов.

Poroxyloae,

например, *Poroxylon*

Только ископаемые.

Характерны для каменноугольного и пермского периодов.

Ginkgoales (см. [стр. 98](#)).

Ginkgoaceae,

например, Гинкго

Ископаемые и живые, восходящие, по-видимому, с небольшими изменениями, к палеозойской эре.

Мы должны уделить особое внимание двум последним группам, так как они очень важны в качестве ископаемых, а *Cordaiteae* были очень многочисленным семейством в эпоху углеродных отложений. Их период основного развития был так давно, что, вероятно, к настоящему времени не осталось прямых потомков, хотя некоторые ботаники считают, что *Taxae* являются их родственниками.

Из групп, которые все еще существуют, трудно, почти невозможно, сказать, какая из них является самой высокоразвитой, наиболее эволюционировавшей. При рассмотрении семейства голосеменных становится особенно очевидным, насколько неполными и частичными являются наши знания на данный момент. Многие считают, что *араукарии* являются самыми примитивными из высших голосеменных. В поддержку этой точки зрения приводятся следующие факты. Они имеют простой тип плодоношения, с одним семенем на простой чешуйке, и множеством чешуек, расположенных вокруг оси, образуя шишку. В микроскопической структуре их древесины имеются двойные ряды окаймленных ямок, вид древесных клеток, который ближе к древним ископаемым типам, чем древесина любого другого из ныне существующих родов. Кроме того, древесина, практически неотличимая от древесины современных араукарий, встречается в очень древних породах, а их листья широкие и простые, прикреплены непосредственно к стеблю, подобно листьям ископаемых *Cordaiteae*, и сильно отличаются от игольчатых листьев на вторичных стеблях семейства сосновых; таким образом, есть веские основания считать эту группу древней и, вероятно, примитивной. ^[10]

С другой стороны, есть ученые, которые считают *Abietineae* живыми представителями наиболее примитивного и древнего рода, хотя в целом доказательства, по-видимому, более ясно указывают на то, что группа сосен является специализированной и сильно видоизмененной. Их двойная серия листьев, сложные шишки (структура которых еще не до конца понятна) и древесина подтверждают последнюю точку зрения.

Некоторые, в свою очередь, считают *Taxae* очень примитивной группой и относят их к *Cordaiteae*, с которыми они могут быть связаны. Их мясистые семена, растущие не в шишках, а на коротких специальных осях, подтверждают эту точку зрения, и, безусловно, верно, что во многих отношениях крупные семена с их сочными оболочками и большим эндоспермом очень похожи на семена низших голосеменных и нескольких ископаемых видов. Однако те, кто придерживается мнения, что *Abietineae* являются примитивными, видят в *Taxaceae* самый поздний и наиболее видоизмененный тип голосеменных.

Из этого следует, что не существует единого мнения относительно интерпретации строения голосеменных.

Гимноспоры не занимают столь изолированного положения, как покрытосеменные. Независимо от разнообразия мнений о деталях относительного расположения семейств в пределах группы, все согласны в признании доказательств, которые позволяют нам с уверенностью проследить связь между низшими гимноспорами и семействами папоротников. Существует много признаков тесной связи между высшими и низшими голосеменными. Между этими рядами существует то, что можно описать как разные степени родства, а в низших группах находятся несомненные следы их связи с более древними группами в прошлом, которые преодолевают разрыв между ними и папоротниками.

Однако на данный момент ограничимся историей более важных голосеменных, а обсуждение их происхождения и групп, из которых они могли возникнуть, отложим до тех пор, пока не будут упомянуты необходимые подробности об этих группах.

Рассмотрению живых семейств *Araucareae*, *Abietineae*, *Cupresseae* и *Taxae* мы можем уделить лишь небольшое внимание; их общие характеристики и внешний вид, вероятно, известны читателю, а если нет, то их детали можно изучить на живых экземплярах. Однако для сравнения с ископаемыми необходимо упомянуть несколько основных черт, которые имеют особое значение при обсуждении филогенеза.

АРАУКАРИАСЕАЕ — это древесные деревья, достигающие значительных размеров, с широкими, крупными листьями, прикрепленными непосредственно к стволу. В листьях находится ряд многочисленных параллельных сосудистых пучков. Клетки древесины в микроскопическом сечении поперечного среза () имеют два или более ряда круглых ямок с краями. Шишки очень большие, но мужские и женские отличаются по размеру и строению. Женская шишка состоит из ряда простых чешуек, расположенных спирально вокруг оси, и каждая чешуйка несет одно семя и небольшую язычковую пластинку.

Пыльцевые зерна из мужского шишка задерживаются на язычке, и пыльцевые трубки проникают в микропиле зародыша, принося пассивные мужские клетки, которые могут развиваться в большом количестве в каждом зерне. Зрелые семена каменистые, а некоторые снабжены крылышком из части ткани чешуйки. В зрелых шишках чешуйки отделяются от оси шишка.

АБИЕТИНЕАЕ — это древесные деревья, некоторые из которых достигают большой высоты, все с крепким основным стволом. Листья бывают двух видов: первичные, прикрепленные непосредственно к стволу (как у однолетних побегов лиственницы), и вторичные, расположенные пучками по два (у сосны) или в большом количестве (у старых ветвей

лиственницы) на специальных коротких ветвях, причем первичные листья развиваются только в виде коричневых чешуек, плотно прикрепленных к стволам. Листья, как правило, очень тонкие и игольчатые, с центральным сосудистым пучком. Микроскопический срез древесины показывает один ряд круглых ямок на узких трахеях.

Женские шишки крупные, мужские и женские сильно различаются по размеру и строению. Женская шишка состоит из спирального ряда пар чешуек, которые часто срастаются по мере созревания шишки. Каждая верхняя чешуйка пары несет два семени. Пыльцевые зерна из мужского шишка проникают в микропиле семени и задерживаются в ткани (верхушке нуцеллуса); пыльцевые трубки выделяют пассивные мужские клетки, только две из которых развиваются в каждом зерне. Зрелые семена каменные и снабжены крылышком из ткани чешуйки, на которой они росли.

CUPRESSEAE — это невысокие древесные деревья с кустистым, ветвистым ростом. Листья прикрепляются непосредственно к основному стеблю и располагаются поочередными парами очень мелких листьев, плотно прижатых к стеблю. Микроскопический срез древесины показывает один ряд круглых ямок на трахеях.

Шишки небольшие, а чешуйки, из которых они состоят, расположены циклами. Женские чешуйки несут различное количество семян. Пыльцевое зерно имеет две пассивные мужские клетки. Семена, когда созревают, становятся каменными, с крылышками, хотя в некоторых случаях (виды можжевельника) чешуйки шишки закрываются и становятся мясистыми, так что весь плод напоминает ягоду.

TAKEAE — древесные, хотя и не большие деревья, с густыми ветвями. Листья расположены спирально по всему стеблю, но располагаются так, что кажутся расположенными парами в одном горизонтальном направлении. Микроскопический срез древесины показывает один ряд круглых ямок на трахеях.

Есть небольшие мужские шишки, но семена не растут на шишках, а на специальных коротких осях, где может быть несколько молодых завязей, но на которых обычно созревают два семени. Семена крупные, с внутренней косточкой и внешней мясистой оболочкой. Некоторые имеют специальные мясистые структуры, известные как «арилы», например, красная внешняя чашечка вокруг «ягоды» тиса (которая на самом деле не является ягодой, а представляет собой одно незакрытое семя с мясистой оболочкой).

Когда мы обращаемся к CORDAITEAE, мы попадаем в группу растений, которая имеет явное родство с предыдущей, но обладает рядом индивидуальных характеристик. Это группа, о которой мы ничего не знали бы, если бы не окаменелости, сохранившиеся в палеозойских породах; однако, несмотря на то, что она процветала так давно, это семейство, о котором мы знаем многое. Во времена углеродных отложений и последующего пермско-карбонового периода оно имело большое значение, и, действительно, в некоторых французских месторождениях кажется, что целые слои угля состоят исключительно из его листьев.

Среди ископаемых останков этого семейства есть отпечатки, слепки и настоящие окаменелости, благодаря чему мы знаем как внешний вид, так и внутреннее строение почти всех частей нескольких видов этого рода. Долгое время различные ископаемые остатки растения не признавались как принадлежащие друг другу и вместе образующие записи об одном и том же растении — широкие, длинные листья с параллельными жилками рассматривались как однодольные (см. [рис. 61](#)); отливки сердцевины (см. [рис. 63](#)) считались своеобразными суженными стеблями и назывались *Sternbergia*; а древесина, известная по своей микроскопической структуре, называлась *Araucarioxylon* — но тщательная работа многих мастеров ископаемой ботаники, чьи кропотливые исследования мы не можем здесь подробно описать, объединила все эти фрагменты и доказала, что они принадлежат *Cordaite*s.

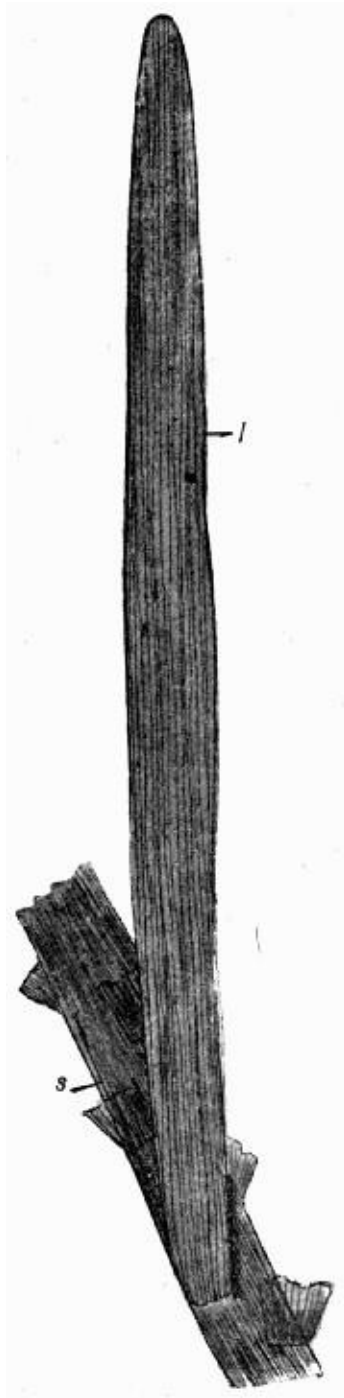
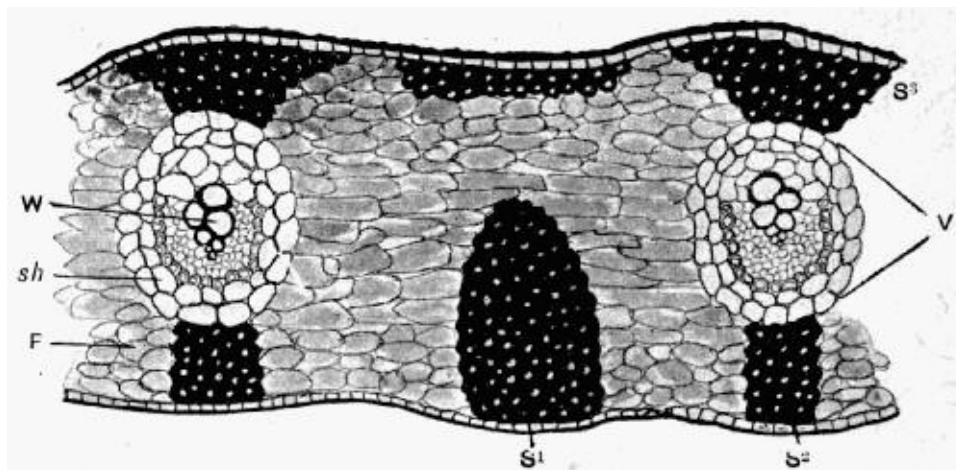


Рис. 61. Лист *кордаитов*, *l*, прикрепленный широким основанием к стеблю, *s*

Сейчас мы знаем, что *кордаиты* были большими деревьями с крепкими вертикальными стволами, к ветвям которых прикреплялись большие простые листья. Листья были намного больше, чем у любых современных голосеменных, даже чем у каури (представителя семейства араукариевых), и, по-видимому, у некоторых видов превышали 3 фута в длину. Деревья ветвились только на верхушке главного ствола, и с их огромными мечевидными

листьями, должно быть, сильно отличались по внешнему виду от любых современных растений. Листья имели много параллельных жилок, как можно видеть на [рис. 61](#), и были прикреплены широким основанием непосредственно к главному стволу; таким образом, по характеристикам листьев они были ближе к араукариям (), чем к другим группам



голосеменных.

Рис. 62А. — Микроскопический срез части листа *Cordaites*

V, сосудистый пучок; W, древесина пучка; sh, его оболочка; ^{S1}, большая масса склеренхимы, чередующаяся с пучками; ^{S2} ^{S3}, склеренхимные колпачки пучка; P, мягкая ткань листа.

Внутренняя анатомия часто хорошо сохраняется, и существует ряд видов листьев, анатомия которых известна. Как и следовало ожидать от параллельных жилок, в каждом срезе имеется много сосудистых пучков, проходящих на равном расстоянии через ткань. На [рис. 62А](#) показаны микроскопические детали хорошо сохранившегося листа. У всех видов были развиты участки склеренхимы, и все указывает на то, что они были прочными и хорошо защищенными от потери воды, даже в большей степени, чем большинство листьев живых голосеменных.

В стеблях сердцевина была намного больше, чем у живых голосеменных (где древесина, как правило, очень твердая), и в более старых стеблях она была полый, за исключением дисков ткани поперек полости. Внутренний слепок этих стеблей был описан ранее и показан на [рис. 63](#).



Рис. 62В. — Сильно увеличенные элементы древесины из стебля *кордаита*, вид в продольном сечении, тип, известный как *Araucarioxylon*. Обратите внимание на шестиугольные очертания окаймленных ямок, расположенных в несколько рядов

Древесина формировалась в плотно упакованных радиальных рядах () нормальным камбием (см. [стр. 66](#)), и образовавшиеся таким образом трахеи имели характерные ряды окаймленных точек (см. [рис. 62В](#)). Эта древесина ближе всего к древесине живых араукарий, чем любая другая, и действительно, многочисленные фрагменты ископаемой древесины этого типа, известные из всех геологических периодов, называются *Araucarioxylon*.
 Двойная нить выходит из основной массы древесины, которая впоследствии делится и подразделяется, образуя многочисленные пучки листьев.

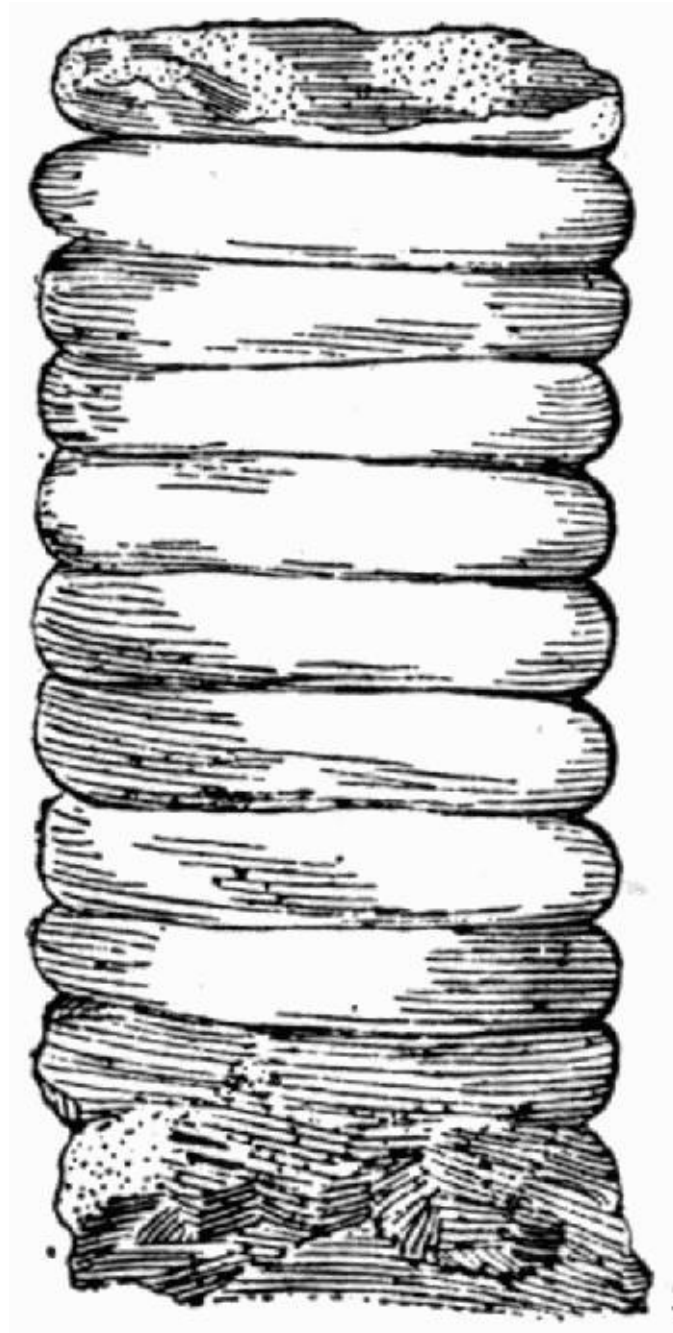


Рис. 63. — Отливка полый сердцевины *Cordaites*, сужения соответствуют дискам твердой ткани поперек полости

В случае этих окаменелостей нам посчастливилось иметь плоды, как мужские, так и женские, в хорошем состоянии сохранности. Как и у других голосеменных, мужские и женские шишки отделены друг от друга, но они меньше отличаются друг от друга по своему расположению, чем у любого из упомянутых до сих пор живых видов. Их трудно описать как настоящие шишки, хотя они имели нечто подобное; семена, по-видимому, располагались на специальных коротких стеблях, вокруг которых также находились стерильные чешуйки. По

семенам и способу их расположения *Cordaiteae*, возможно, ближе сравнивать с *Taxae*, чем с другими группами. Незрелое семя показано в слегка схематичной форме на [рис. 64](#), где проиллюстрированы основные детали. Семена этого семейства иногда достигали значительных размеров и имели мясистый слой, который был толстым по сравнению с косточкой и внешне сравним с вишней — хотя, конечно, на самом деле они были очень разными по своей природе, поскольку *Cordaitea*, как и *Taxus*, является голосеменным растением с простыми голыми семенами, а вишня — плодом покрытосеменного растения.

Вкратце, это основные характеристики большой группы *кордаитов*, которые занимали доминирующее положение среди голосеменных растений в палеозойскую эру. Они имеют сходство, или, возможно, следует сказать, подобие, со многими группами. Анатомия их стеблей и корней похожа на современные хвойные, положение семяпочек напоминает таксодиевые, мужские шишки в некоторой степени напоминают шишки *гинкго*, анатомия их листьев имеет сходство с листьями саговников, с которыми их объединяет также большая сердцевина стебля и структура некоторых деталей семян. Их собственные отличительные черты заключаются в кроне из огромных листьев, неразветвленном стебле, сходстве мужских и женских соцветий, а также в некоторых особенностях пыльцевых зерен, которые не были упомянуты. Этот тип очень сложен и, возможно, близок к тому, который, разветвившись в разных направлениях, дал начало нескольким современным семействам.

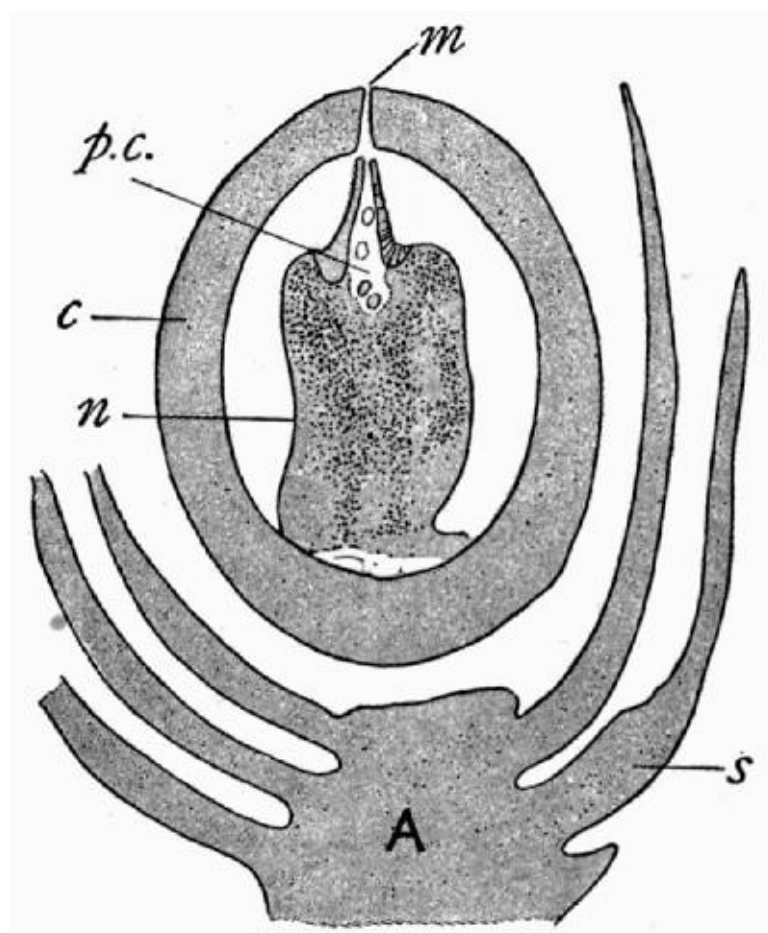


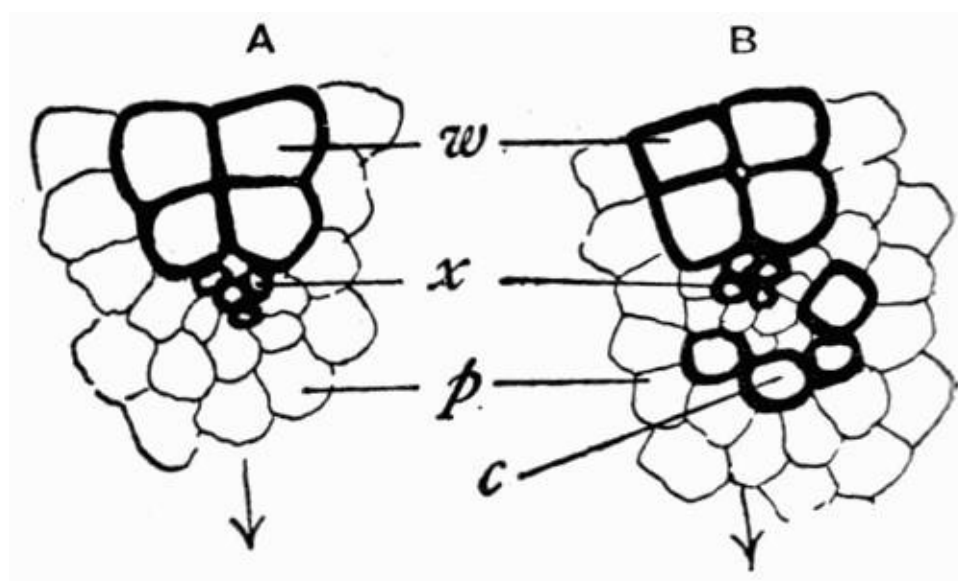
Рис. 64. — Изображение семени *Cordaitea* и его оси с чешуйками, слегка схематичное, модифицированное по Renault.

А, ось с чешуйками; с, оболочка семени, из которой внутренние части усохли; n, нуцеллус; p.c, пыльцевая камера, содержащая пыльцевые зерна, которые попадают через m.

Растения, очень близкие к *Cordaitea*, — это *Poroxylen*. К сожалению, от этой группы у нас нет остатков плодоношения в органической связи, поэтому ее фактическое положение остается немного сомнительным, пока они не будут обнаружены. Несомненно, что они должны были нести семена.

Тем не менее, в последние годы было неоднократно доказано, что анатомия корня, стебля и листьев с большой точностью указывает на положение любого растения, поэтому, зная их, мы можем с уверенностью сделать вывод о положении *Poroxylen* в естественной системе. По своей анатомии оно имеет признаки *Cordaitea*, с некоторыми деталями, которые указывают на более примитивную природу и, по-видимому, характерны для групп, стоящих ниже его по организации.

Poroxylon не является распространенным, и до недавнего времени не встречался в нижних угольных пластах Англии. Растения, по-видимому, были намного меньше, чем *Cordaite*, с нежными стеблями, на которых росли относительно крупные простые листья. Анатомия корня была типичной для голосеменных, но стебель имел очень крупную сердцевину, а листья были очень похожи на листья *Cordaite*, имея параллельные жилки. Важной особенностью анатомии стебля было наличие так называемой *центростремительной древесины*. Это необходимо кратко объяснить. Во всех рассмотренных до сих пор стеблях первые образовавшиеся клетки древесины (протоксилем, см. [стр. 57](#)) развивались в центральной точке древесины, в направлении сердцевины (см. [рис. 19](#), *рх*, [стр. 49](#)). Это характерно для всех покрытосеменных и высших голосеменных (за исключением нескольких недавно исследованных сосен), но среди низших растений мы обнаруживаем, что часть более поздней древесины развивается к внутренней стороне этих



протоксилемных масс. Это различие показано на [рис. 65](#).

Рис. 65. — А, Нормальный пучок высшего растения; *x*, протоксилем на внутренней стороне рядом с сердцевинной *p*, и более старая древесина *w* снаружи, *центробежная* древесина. В, Пучок с древесными клетками *c*, развитыми на внутренней стороне протоксилема, *центростремительная* древесина; стрелка указывает направление центра стебля.

Этот момент привлек большое внимание ботаников, которые уделили ему особое внимание при рассмотрении сходства низших голосеменных и промежуточных групп между ними и папоротниками, которые встречаются среди ископаемых. У *Cordaite* этот важный момент связи с низшими типами не наблюдается, но у *Poroxylon*, который в остальном имеет анатомию стебля, очень похожую на *Cordaite*, мы находим группы *центростремительной* древесины, развивающейся внутри протоксилемы первичных пучков. В основном по этой причине *Poroxylon* представляет в настоящее время интерес, так как по анатомии стебля он,

по-видимому, связывает тип *Cordaites* с типом группы, находящейся ниже него по общей организации.

GINKGOALES. — Ссылка на [стр. 44](#) показывает, что *гинкго*, или девичье дерево, принадлежит к Ginkgoales, группе, занимающей равное положение с большой и сложной серией Coniferales. Однако в настоящее время Ginkgoales имеет только одного живого представителя. *Гинкго* стоит особняком, являясь единственным живым видом своего рода, представляя семейство, настолько отличное от всех других живых семейств, что оно образует самостоятельную основную группу.

Если бы это дерево не считалось священным в Китае и Японии, оно, вероятно, давно бы вымерло, поскольку в настоящее время оно известно только в культуре. Это действительно реликвия прошлого, которая, к счастью, сохранилась для нашего изучения. Оно принадлежит к миру ископаемых, как запоздалая ноябрьская роза принадлежит к лету.

Благодаря своей красоте и интересу, это растение в настоящее время широко распространено в культуре и доступно для изучения почти так же свободно, как и другие уже упомянутые виды живых голосеменных, поэтому здесь необходимо лишь кратко описать его наиболее важные особенности.

Старые растения, которые можно увидеть растущими в естественных условиях в Японии (в Кью-Гарденс также есть прекрасный экземпляр), представляют собой очень высокие красивые древесные деревья с величественными стволами и множеством ветвей. Листья растут на небольших боковых побегах и являются наиболее характерной внешней особенностью дерева; их живая форма показана на [рис. 66](#), где представлены типичная простая форма, а также лопастная форма листа, которые можно найти, со всеми промежуточными стадиями, на одном и том же дереве. Ни одно другое растение (за исключением нескольких папоротников, которые, как правило, можно без труда отличить от него) не имеет листьев, похожих на эти, поэтому особенно легко идентифицировать ископаемые остатки, которых очень много.

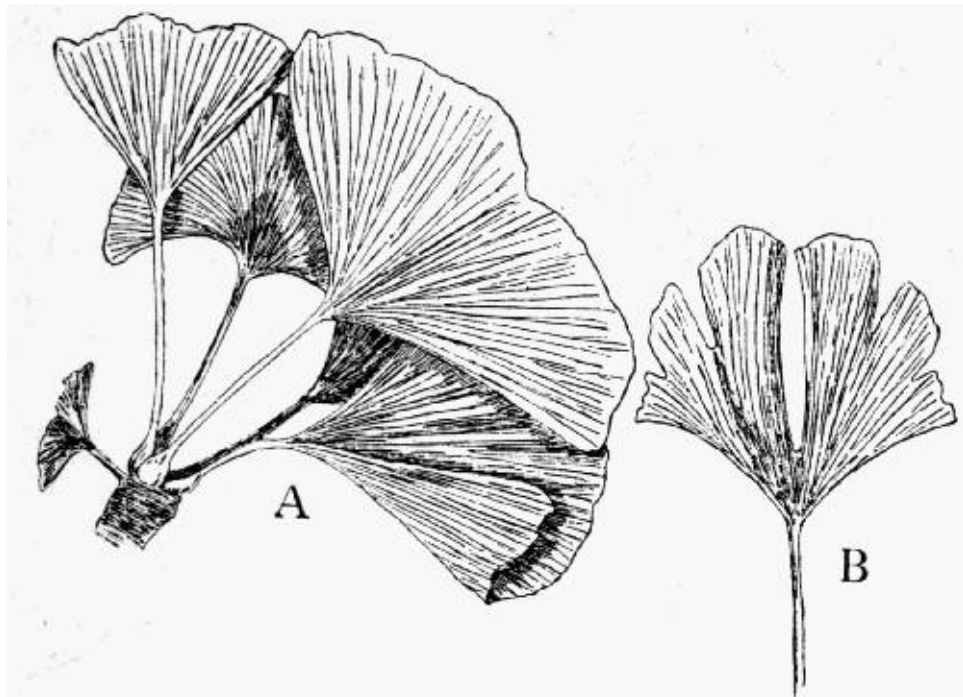


Рис. 66. — А. Пучок листьев *гинкго*, демонстрирующий их форму, похожую на «девичью косу». В. Одиночный глубоко разделенный лист, встречающийся на том же дереве, обычно на молодых ветвях.

Древесина плотная и мелкозернистая, кольца вторичной ткани развиваются из нормального камбия, как в случае высших голосеменных, а отдельные трахеи имеют круглые ямки с краями. Есть небольшие мужские шишки, но семена не созревают в шишках. Они развиваются на специальных стеблях, на которых нет чешуек, но есть небольшая масса ткани у основания семени, называемая «воротником». Обычно есть две молодые завязи, из которых часто только одна созревает до мясистого семени, хотя могут созреть обе.

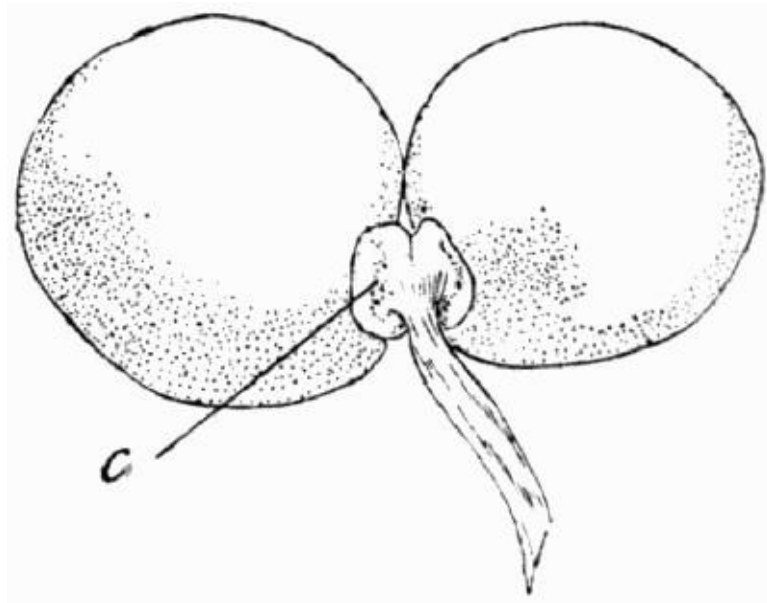


Рис. 67. — Созревшие семена *гинкго*, прикрепленные к стеблю. с — «Воротник» семени.

Спелое семя достигает размера, показанного на схеме, имеет оранжевый цвет и очень мясистое; внутри него находится каменная оболочка (), окружающая эндосперм, который большой, *зеленый*, крахмалистый и содержит зародыш с двумя семядолями. Этот зародыш небольшой по сравнению с эндоспермом, см. [рис. 57](#), [стр. 76](#), который в этой стадии несколько похож на зародыш *гинкго*.

Из микроскопических характеристик репродуктивных органов наиболее примечательна мужская клетка. Это не пассивное ядро, как у растений, рассматриваемых до сих пор, а *активно плавающая* клетка некоторого размера, снабженная спиралью ресничек (волоскообразных структур), движения которых продвигают ее через воду. В полости незрелого семени они плавают к женской клетке и активно проникают в нее. Строение семени схематически показано на [рис. 68](#), которое следует сравнить со строением семени *Cuscuta*, [рис. 76](#), с которым оно имеет много общего.

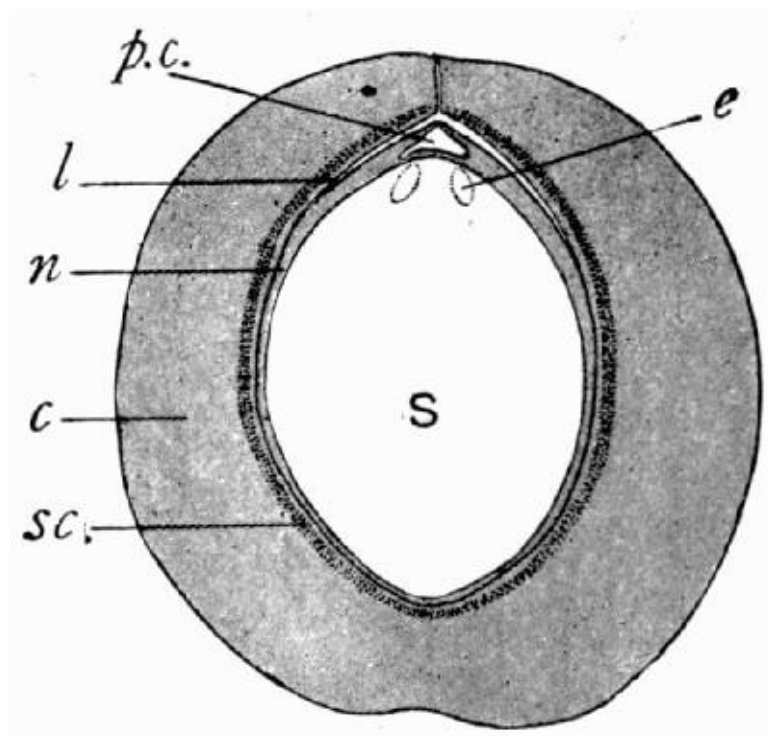


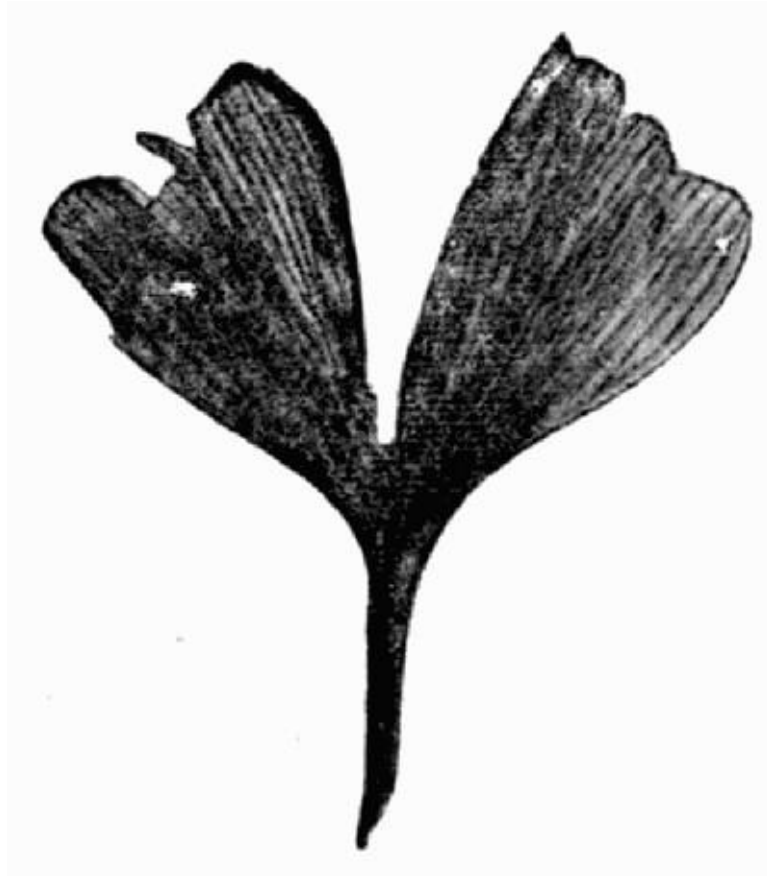
Рис. 68. — Срез семени *гинкго*

p.c., пыльцевая камера в нуклеусе *n*, которая сливается с оболочкой *c* до уровня *l*; *sc*, каменистый слой оболочки; *S*, большая спора, заполненная эндоспермной тканью (в данном случае зеленого цвета); *e*, яйцеклетки, одна из которых после оплодотворения даст зародыш.

Природа мужской клетки у *кордаитов* пока неизвестна, но есть основания полагать, что она также могла активно плавать. Однако, поскольку это неточно, мы можем считать *гинкго* наиболее высокоорганизованным растением, обладающим такой примитивной особенностью, которая является связующим звеном между ним и папоротниками и которая, когда была обнаружена около двенадцати лет назад, вызвала значительный резонанс в ботаническом мире.

Теперь перейдем к ископаемым остаткам этого семейства. Отпечатки листьев *гинкго* найдены в породах почти всех возрастов, вплоть до верхнего палеозоя. Они имеют значительное разнообразие форм, и несомненно, что не все они принадлежат к тому же *виду*, что и современное растение, гинкго билоба (), но, вероятно, они тесно связаны между собой. На [рис. 69](#) показан типичный отпечаток из пород нижнего мезозоя. В этом образце клетки эпидермиса, к счастью, были достаточно хорошо сохранены, чтобы их можно было увидеть под микроскопом, и есть явное различие в размере и форме клеток живых и ископаемых видов, см. [рис. 70](#); но это различие незначительно по сравнению с большим сходством формы и внешнего вида, что можно увидеть, сравнивая рис. [69](#) и [66](#). В, так что ископаемое, в лучшем случае, является другим видом рода *Гинкго*. Среди ископаемых листьев больше разнообразия, чем среди живых, и некоторые из них, которые имеют очень глубокие

лопасти, образуя разделенный пальмовидный лист, имеют разные названия, например, *Baiera*, но считается, что они принадлежат к одному и тому же семейству. Ископаемые семена и мужские шишки также известны как отпечатки и встречаются в мезозойских породах. По ископаемым отпечаткам можно с уверенностью сказать, что *гинкго* и близкородственные ему растения были очень широко распространены в прошлом (), так как они встречаются по всей Европе, а также на других континентах. Особенно в породах нижнего мезозоя *гинкго*, по-видимому, был широко распространенным видом,



произраставшим в большом количестве.

Рис. 69. Отпечаток листа *гинкго* из мезозойских пород Шотландии

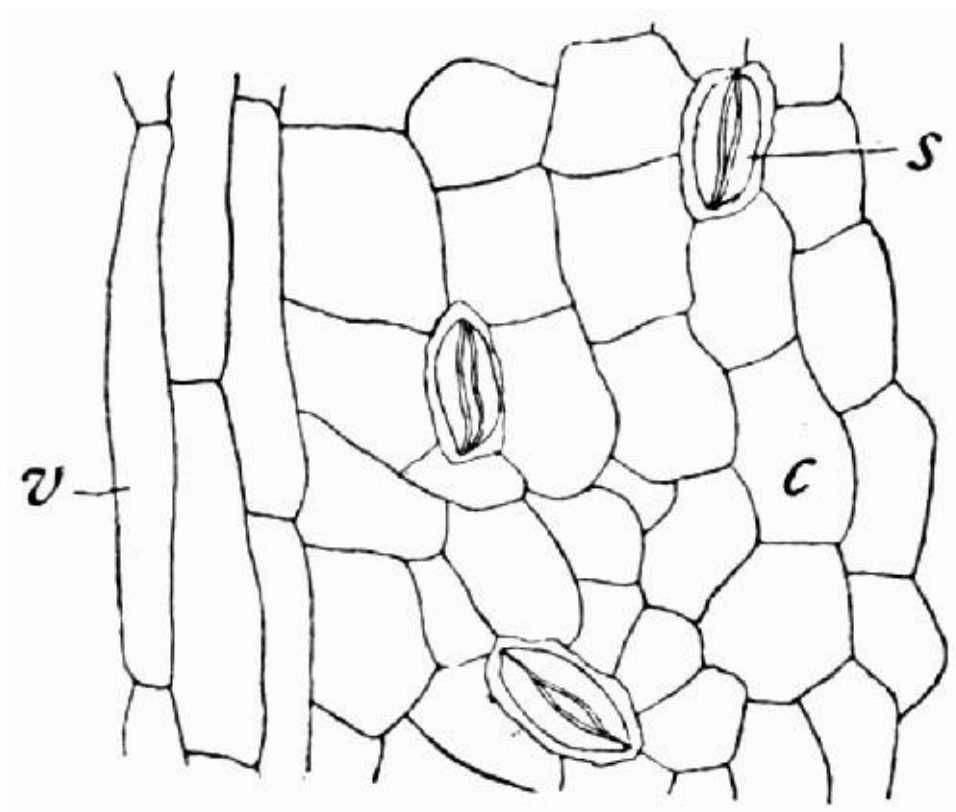


Рис. 70. — Показан эпидермис с устьицами с нижней стороны листа, видимого на [рис. 69](#)

e — клетки эпидермиса; *s* — устьица; *v* — длинные клетки эпидермиса, расположенные над жилками.

В палеозое данные не столь однозначны, но есть веские основания полагать, что если ныне живущий род тогда не существовал, то, по крайней мере, существовали другие близкородственные роды, и, по-видимому, есть веские основания предполагать, что *гинкго* и *кордаиты* могли произойти от какого-то древнего общего предка ().

ГЛАВА X

ИСТОРИЯ РАСТЕНИЙ

III. Беннеттитале

Это увлекательное семейство известно только по окаменелостям и настолько отдалено по своей организации от любых распространенных современных форм, что тем, кто не знаком с саговниками, может быть немного сложно оценить положение *Bennettites*. Тем, кто изучает окаменелые растения впервые, вероятно, лучше прочесть главы о саговниках, птеридоспермах и папоротниках, прежде чем приступить к этой главе о современной группе, которая имеет признаки, связывающие ее с этой серией.

До недавнего времени большая часть окаменелостей, найденных в виде отпечатков стеблей и листьев этого семейства, вполне естественно классифицировалась как саговники. Они чрезвычайно распространены в мезозойских породах (так называемый век саговников) и по внешнему виду как стеблей, так и листьев практически идентичны саговникам.

Некоторые неполные плоды некоторых видов были известны в Европе в течение многих лет, но только недавно они стали полностью известны. Это произошло благодаря работе Виланда [« » \[12\]](#), посвященной американским видам, которая раскрыла полную структуру плодов на основе большого количества богатого и хорошо окаменелого материала.

В нижнемеловых и верхнеюрских породах Америки эти растения встречаются в изобилии, их микроскопическая структура хорошо сохранилась, а их плодоношения демонстрируют организацию, отличную от любой другой, как в прошлом, так и в настоящем.

Вероятно, из-за их внешнего вида, Виланд описывает эти растения как «саговники» в названии своей большой книги о них; но родовое название, которое он использует, *Cycadeoidea*, кажется менее известным в этой стране, чем столь же устоявшееся название *Bennettites*, которое долгое время использовалось для обозначения европейских экземпляров этого семейства и которое будет использоваться в следующем кратком описании этой группы.

В настоящее время ни одно семейство ископаемых не вызывает большего интереса. Их полностью цикадоподобный внешний вид и уникальный тип плодоношения заставили многих ботаников увидеть в них предшественников покрытосеменных растений, рассматривать их как ключ к разгадке тайны — происхождения цветковых растений. Эта точка зрения будет обсуждаться, и будут отмечены многие факты, говорящие в ее пользу, но мы не должны забывать, что *Bennettitales* были полностью осознаны ботаниками только

недавно, и что новая игрушка всегда особенно очаровательна, новое лекарство особенно эффективно, а новая теория всеубедительна.

На основании детального изучения цветковых растений ботаники склоняются к тому, что различные группы являются современными представителями примитивных типов. Различные претензии разных семейств на эту позицию не могут быть рассмотрены здесь; вероятно, наиболее обоснованной является позиция Ranales (группа семейств вокруг Ranunculaceae как центрального типа). Однако эти растения чаще всего являются нежными травами, которые имели бы относительно меньше шансов на окаменение, чем другие семейства, которые можно считать примитивными. Они особенно далеки от группы Bennettiteae по своей вегетативной структуре, и важность этого факта, по-видимому, была недооценена, поскольку в то же время нам уверяют, что Bennettites являются своего рода родственниками древних покрытосеменных, а Ranales относятся к числу самых примитивных современных покрытосеменных и, следовательно, предположительно ближе всего к древним.

Однако давайте оставим в стороне прелести споров и посмотрим на фактическую структуру группы. Они были широко распространены в нижнем мезозое, растения сохранились в виде слепков, отпечатков и в большом количестве со структурой. Большая часть описанных структурных образцов была получена из пород Англии, Франции, Италии и Америки, хотя отпечатки листьев известны практически повсеместно. Род *Williamsonia* принадлежит к этому семейству и является одним из самых известных отпечатков мезозойских растений.

Внешне Bennettiteae были идентичны по внешнему виду коренастым саговникам, и именно их листья дали повод для долгое время бывшего распространенным предположения, что нижний мезозой был «веком саговников», так же как листья птеридоспермов дали палеозою репутацию «века папоротников». В анатомии как стебля, так и листьев также наблюдаются характерные черты саговников; след выходящего листа действительно проще по своему ходу, чем у саговников.

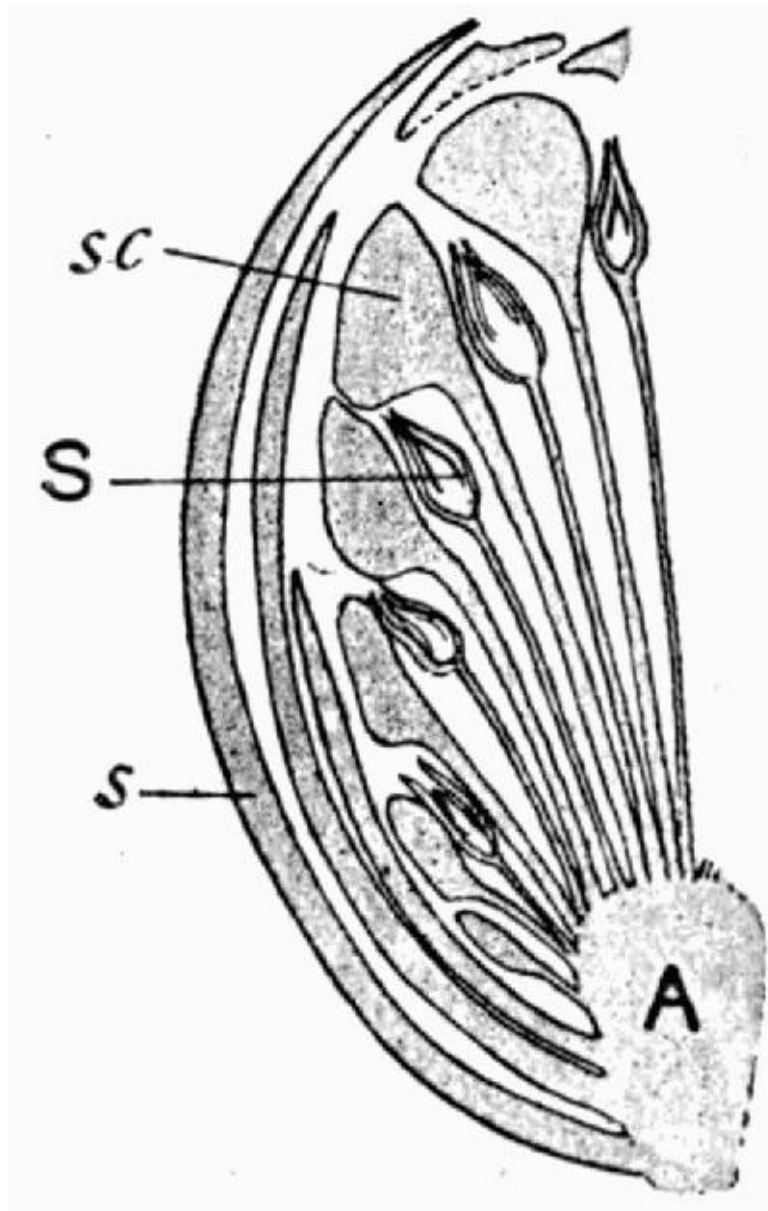


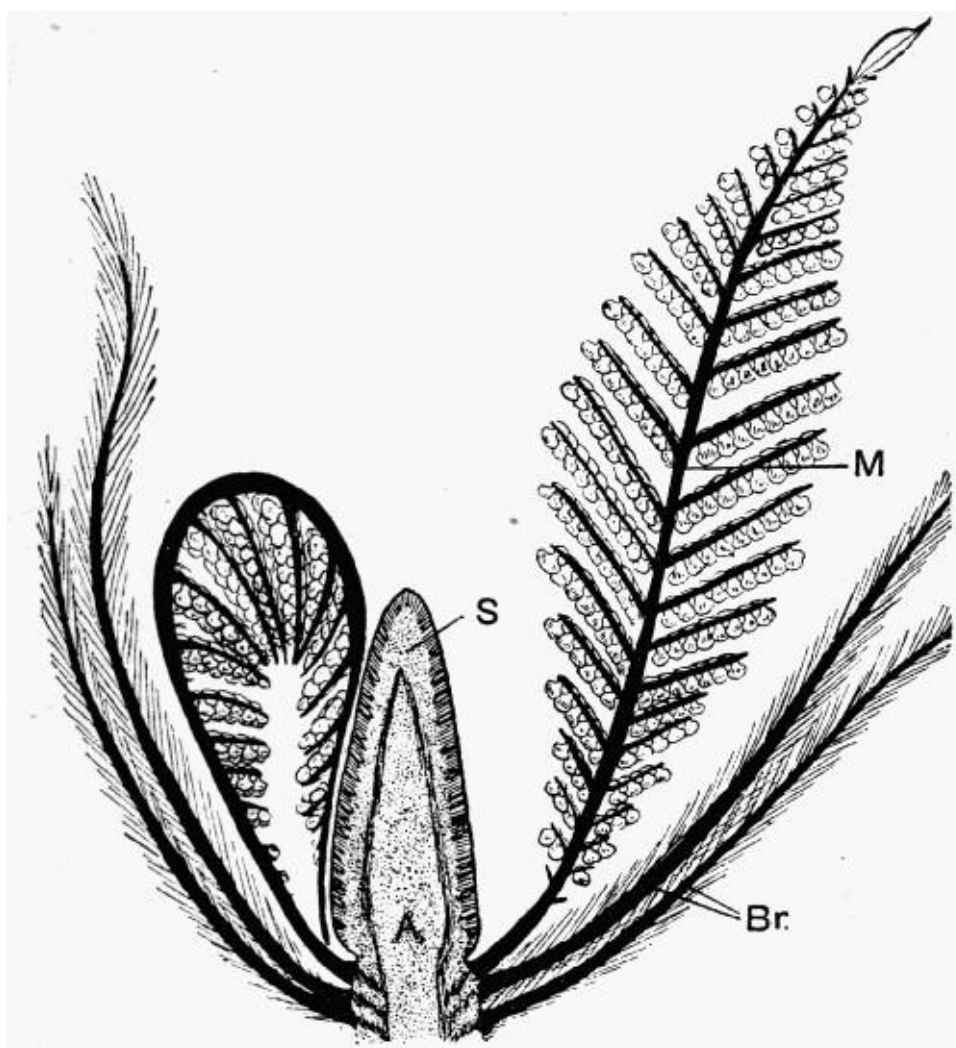
Рис. 71. — Половина продольного среза зрелого конуса *Bennettites*

А, короткая коническая ось; s, окружающие прицветники; S, семена; sc, стерильные чешуйки между семенами.

Однако плоды принципиально отличаются от плодов папоротников, как, впрочем, и от плодов любого другого известного семейства. Они имели форму компактных шишек, которые в большом количестве располагались на зрелых растениях, скрытых основаниями листьев. У *Williamsonia*, о которой мы знаем гораздо меньше, плоды располагались вдали от главной оси на длинных цветоножках.

У *Bennettites* шишки состояли из ряда чешуек, окружающих короткую коническую ось, на которой стояли тонкие лучевые стебли, каждый из которых нес семя. Между ними

находились стерильные чешуйки с длинными стеблями и расширенными концами. Часть шишки схематически изображена на [рис. 71](#). В целом она имела вид сложного плода. У некоторых экземпляров эти особенности присутствуют только в шишках, но у более молодых шишек американских растений обнаруживаются дополнительные структуры. Ниже главной оси семенной части шишки находилась серия крупных сложных листовидных структур, по своему сильно разделенному характеру очень напоминающих листья папоротника. На пиннах этих листьев были сгруппированы бесчисленные крупные спорангии, похожие на спорангии папоротника, которые обеспечивали пыльцевые зерна. Окаменелости особенно хорошо сохранились и были найдены с этими мужскими (пыльценосными) органами в молодом, нераскрытом состоянии, а также в зрелом, раскрытом состоянии, а также со зрелыми семенными шишками, из которых они выпали,



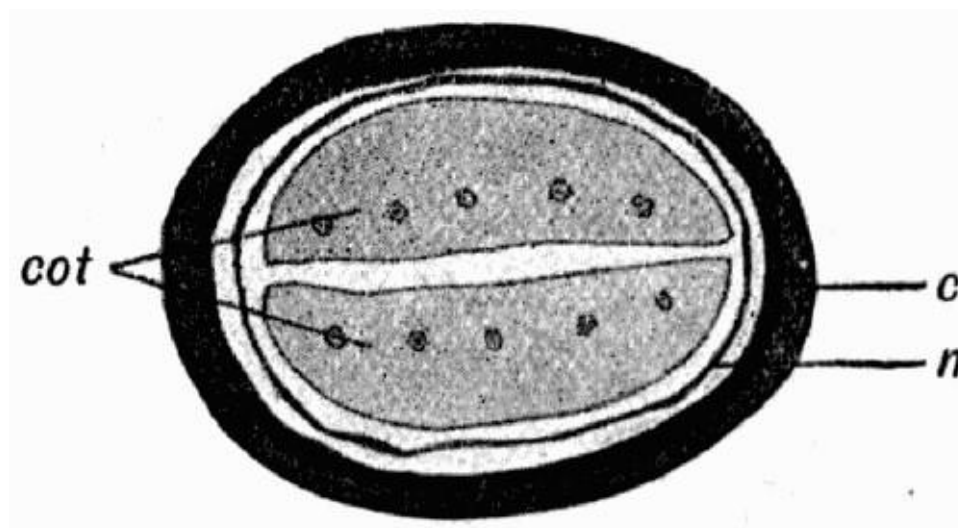
точно так же, как тычинки выпадают из цветка, когда семена увеличиваются.

Рис. 72. — Схема полной шишки *Bennettites*

А, Центральная ось конической формы, заканчивающаяся семенным шишкой S. (по Wieland), и несущая последовательно Вг., прицветники, сравнимые с цветными листьями; М, большие сложные листья с пыльцевыми мешочками.

Похоже, что эти огромные сложные листоподобные структуры на самом деле были тычинками, но, тем не менее, они были свернуты в спиралевидную форму, как молодые листья папоротника, и, разворачиваясь и расправляясь вокруг центральной шишки, они, должно быть, выглядели как мутовка листьев (см. [рис. 72](#)).

Это, в нескольких словах, основная общая характеристика плодоношения. Наиболее важными особенностями, на которых делается акцент, являются следующие. Сочетание мужских и женских структур на одной оси, причем женская часть *находится над* мужской. Такое расположение встречается только у цветковых растений; у низших растений, у которых мужские и женские части находятся на одном конусе, они смешаны или женская часть находится ниже, и в любом случае их организация в целом гораздо проще. Важна также коническая форма оси, а также тот факт, что она заканчивается семенными



структурами.

Рис. 73. — Схема поперечного сечения семени *Bennettites* с зародышем

с, двухслойная семенная оболочка; n, раздавленный нуцеллус; cot., два семядоля, которые практически заполняют семя.

Примечательно расположение отдельных семян, каждое из которых находится на конце отдельного стебля, а также длинностебельные прицветники, чьи щиткообразные концы объединяются для защиты семян. Эти структуры вместе придают шишке вид сложного

плода цветущего растения, но структура самих семян соответствует простому голосеменному растению.

Однако в семенах был *зародыш*. В этом они отличаются от всех известных семян более раннего периода, которые, как уже отмечалось (см. [стр. 77](#)), всегда лишены зародыша. Этот зародыш является одной из важнейших особенностей растения. Он имел два семядоля, которые заполняли пространство семени (см. [рис. 73](#)) и почти не оставляли следов эндосперма. Ссылка на [стр. 112](#) показывает, что это является прогрессом по сравнению с семенем саговника, которое имеет небольшой зародыш, погруженный в большую массу эндосперма, и что оно практически совпадает с типом двудольных растений.

Семена с зародышем наводили на мысль о сравнении с покрытосеменными задолго до того, как стала известна полная структура плодоношения.

Еще одним очень важным моментом является папоротникоподобный характер пыльценосных структур. Если бы любой из этих листовидных «тычинок» был найден в изолированном виде, его папоротникоподобный характер не вызвал бы сомнений еще год или два назад, и их присутствие в «цветке» *Bennettites* является весомым аргументом в пользу родства этой группы с папоротниковыми Pteridosperm.

Если бы части этого замечательного плодоношения развивались на отдельных деревьях, на отдельных ветвях или на отдельных шишках одного и того же дерева, они были бы гораздо менее показательными, чем в настоящее время, и плодоношения вполне могли бы быть отнесены к голосеменным, мало отличаясь (за исключением зародыша) от других родов голосеменных, чем друг от друга. Фактически, чрезвычайно папоротникоподобный характер мужских органов почти больше указывает на родство с Pteridosperm, поскольку даже самые простые саговники имеют хорошо выраженные чешуйчатые шишки в качестве мужских органов. Женская шишка, опять же, рассматриваемая как изолированная структура, может быть интерпретирована как не имеющая существенных отличий от *Cordaite*, где семена расположены на специальных коротких стеблях среди чешуек.

В любом случае, зародыш указывает на принадлежность к продвинутым типам, но так часто один орган растения развивается независимо от других органов или опережает их, что структура зародыша сама по себе не могла бы уравновесить стебли и листья саговников, мужские органы, похожие на птеридоспермы, и семена голосеменных.

Но все эти части расположены на одной оси, как это типично для покрытосеменных растений. Семенные структуры на верхушке, «тычинки» под ними и ряд расширенных чешуек под ними, которые не требуют большого воображения, чтобы представить их в виде зачаточных лепестков и чашелистиков; и вот — это цветок!

А будучи «цветком», он находится в тесной связи с предками современных цветковых растений, которые, следовательно, должны были эволюционировать от какого-то предка, похожего на цикадовые, который также дал начало Bennettitales. Таким образом, цветковые растения могут быть связаны с серией, которая проходит через цикадовые прямо к примитивным папоротникам!

Очевидно, что из всех известных среди ископаемых эта группа наиболее близка по структуре и строению к покрытосеменным растениям. Достаточно сказано, чтобы показать,

что по своей фактической природе они не являются покрытосеменными растениями, хотя и имеют некоторые их признаки, и в то же время они не являются саговниками, хотя и имеют их внешний вид. Они находятся где-то между ними. Хотя многие ботаники в настоящее время считают, что это смешение признаков указывает на родство, эквивалентное кузенству с покрытосеменными, и можно предположить, что обе группы произошли от саговниковых, эта теория еще не выдержала испытания временем и не подтверждается другими доказательствами из ископаемых. Мы пойдем дальше и скажем, что, похоже, *некоторые* покрытосеменные возникли именно таким образом; но цветущие растения имеют так много черт, совершенно отличающихся от всего цикадового рода, что небольшой скептицизм может быть не лишним.

Стоит вспомнить ликопоиды, у которых (как мы увидим [на стр. 141](#)) структуры, очень похожие на семена, развились в то время, когда ликопоиды были доминирующими растениями, и мы не находим никаких доказательств того, что они привели к появлению основной линии семенных растений. Точно так же цикасовые могли получить то, что практически соответствовало цветам, в то время, когда они были доминирующей группой, и вполне возможно, что они не привели к появлению основной линии цветковых растений.

Однако, какую бы точку зрения ни занимали и какими бы ни были будущие открытия, касающиеся этой группы растений (), мы можем увидеть в Bennettitales черты, которые проливают много света на потенциальные возможности папоротниковых, а также структуры, которые дали повод для некоторых весьма интересных спекуляций на тему покрытосеменных. Эта группа является еще одной жемчужиной в короне ископаемой ботаники, поскольку все ее структуры были реконструированы на основе камней, в которых сохранились все остатки этого некогда обширного и ныне вымершего семейства растений.

ГЛАВА XI

ИСТОРИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СЕМЕЙСТВ

IV. Саговники

Группа *Cycadales*, которая имеет систематическую ценность, эквивалентную *Ginkgoales*, содержит гораздо большее разнообразие родов и видов, чем последняя. В настоящее время существует девять родов с более чем ста пятьюдесятью видами, которые образуют (хотя и небольшое по сравнению с большинством основных групп) четко определенное семейство. Это самые примитивные голосеменные, самые примитивные семеноносные растения, существующие в настоящее время, и по своему внешнему виду и характеристикам они сильно отличаются от любого другого современного типа. Однако их внешнее сходство с группой *Bennettitales* очень поразительно, и действительно, без плодов было бы невозможно их различить.

Наиболее известным из родов является *Cycas*, иллюстрация которого приведена на [рис. 74](#). Толстый, коренастый ствол и крона из «пальмовидных» листьев придают ему внешний вид, сильно отличающийся от любого другого голосеменного растения. Обычно эти растения достигают высоты всего нескольких футов, но очень старые экземпляры могут вырастать до 30 футов и более. Другие роды меньше по размеру, а некоторые имеют короткие стебли и очень похожи на папоротники, например, род *Stangeria* (), который считался папоротником, когда его впервые обнаружили и до того, как были замечены плодоносящие экземпляры.

Крупные сложные листья расположены непосредственно на главном стебле, обычно в виде одной розетки на его верхушке, и когда они отмирают, они оставляют мясистые основания листьев, которые покрывают стебель и остаются на нем в течение почти неопределенного количества лет.

Древесина главных стволов отличается от древесины других голосеменных растений тем, что она очень рыхлая, с большой сердцевинной и большим количеством мягких тканей между радиальными полосами древесины. Существует камбий, который добавляет зоны вторичной ткани, но он не выполняет свою работу регулярно, и поперечное сечение старого ствола саговника показывает разъединенные кольца древесины, сопровождаемые большим количеством мягких тканей. Клетки древесины имеют окаймленные ямки на стенках, и по главной оси древесина обычно развивается в центробежном направлении, но по оси шишек встречается некоторая центростремительная древесина (см. с. [рис. 65, стр. 97](#)).

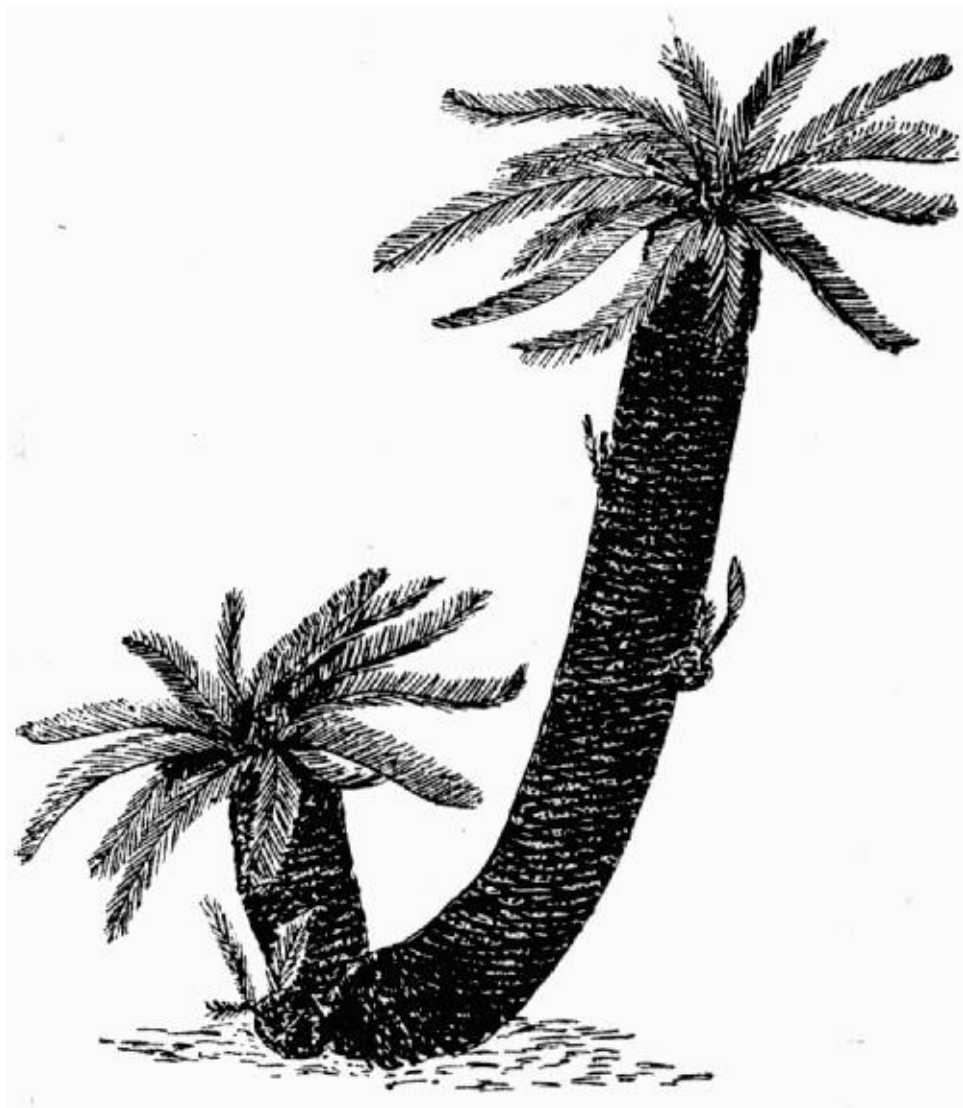


Рис. 74. Растение *Sycas*, показывающее главный стебель с кроной листьев и нерегулярными ветвями, которые появляются на старом растении

По своим плодам саговники еще больше отличаются от остальных голосеменных. Одной из поразительных особенностей является огромный размер их мужских шишек. Мужские шишки состоят из крепкой оси, вокруг которой спирально расположены плотно упакованные простые чешуйки, покрытые пыльценосными мешочками (, которые имеют немалое сходство с спорангиями папоротников). В некоторых родах длина всей шишки достигает 1,5 фута, а вес — нескольких фунтов. Все другие голосеменные, за исключением араукарий, у которых они достигают длины в один-два дюйма, имеют мужские шишки длиной всего в долю дюйма.

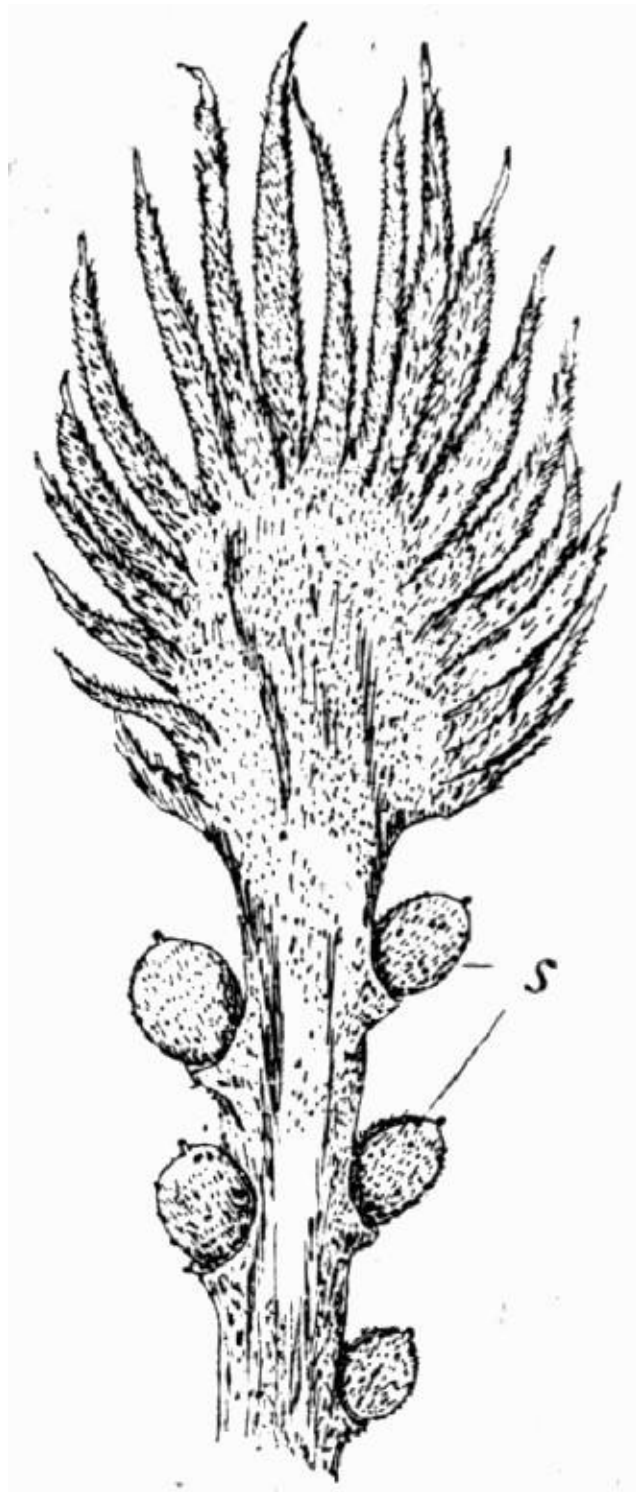
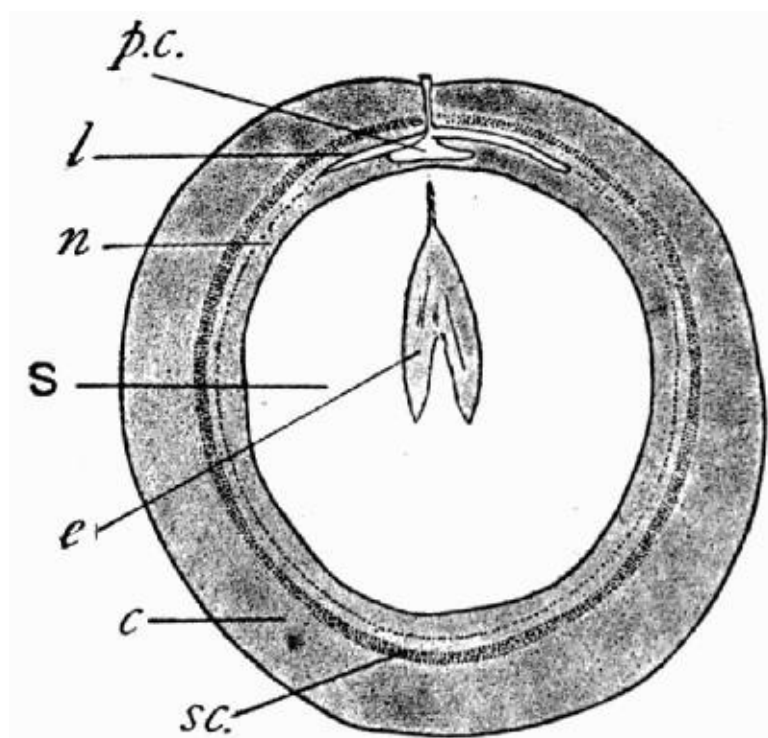


Рис. 75. Семенная чешуя *Cuscuta*, демонстрирующая ее лопастной и листовидный характер

s, семена прикреплены с обеих сторон ниже делений спорофилла.

У всех представителей семейства, за исключением самого *Cycas*, женские плоды также состоят из аналогично организованных шишек, несущих по паре семян на каждой чешуйке вместо многочисленных пыльцевых мешочков. У *Cycas* мужские шишки похожи на шишки других родов и достигают огромных размеров; но женских шишек нет, так как семена находятся на специальных листовидных чешуйках. Они изображены на [рис. 75](#), который также показывает, что на каждой чешуйке находится не два семени (как у других родов с шишками), а неопределенное количество.

Листовидная природа семенной чешуи является важной и интересной особенностью. Хотя теоретически ботаники привыкли считать, что семена всегда растут на специально модифицированных листьях (так что для ботаника даже «скорлупа» горохового стручка и коробочка макового стручка являются листьями), тем не менее, только у *Cycas* среди живых растений семена действительно растут на крупном образовании, имеющем вид листа. С этой точки зрения (однако см. [стр. 45](#), где содержится предостережение против вывода о том, что все растение имеет столь же примитивную организацию) *Cycas* является самым примитивным из всех живых растений, производящих семена, и, следовательно, предположительно наиболее похожим на ископаемых предков семяносовых видов. По этому признаку он более примитивен, чем ископаемая группа *Cordaiteae* (), и очень близок к



промежуточной группе ископаемых, которая будет рассмотрена в следующей главе.

Рис. 76. — Раскрытое семя *Cycas*

n, нуклелл, сросшийся на уровне *l* с оболочкой *c*; *sc*, каменистый слой оболочки; *p.c*, пыльцевая камера в верхушке нуклелла; *S*, «спора», заполненная эндоспермом, в котором находится зародыш *e*.

Подробное описание анатомии семян завело бы нас слишком далеко в область специалистов, но мы должны отметить один или два момента, касающихся их. Во-первых, их очень большой размер, поскольку зрелые семена *Sucas* величиной с персики (а персики, следует отметить, являются плодами, а не семенами), и особенно большой размер, которого они достигают до оплодотворения и появления зародыша. У высших растений молодые семена остаются очень мелкими до тех пор, пока зародыш не закрепится в результате оплодотворения, но у саговников семена увеличиваются и накапливают большой запас крахмала в эндосперме до появления зародыша, так что в случаях, когда оплодотворение предотвращается, тем не менее образуются крупные стерильные «семена». Это следует рассматривать как недостаток точности в механизме и как расточительную конструкцию, которая, несомненно, является примитивной. Еще более расточительная конструкция, по-видимому, была характерна для «семян» палеозойского периода, поскольку, хотя многие ископаемые «семена» известны в деталях из старых пород, ни одно из них не имеет следов зародыша. Общий план семени саговника показан на [рис. 76](#), который следует сравнить с планом семени *гинкго* ([рис. 68](#)). Большой размер эндосперма и толстая и сложная семенная оболочка являются характерными чертами обеих этих структур. Еще одним моментом, который делает семена саговников особенно интересными, является тот факт, что мужские клетки (как и у *гинкго*) развиваются в виде активных, свободно плавающих сперматозоидов (), которые плывут к женской клетке в пространстве, предусмотренном для них в семени (см. *p.c*, [рис. 76](#)).

Характеристики современных саговников доказывают, что они являются чрезвычайно примитивной группой и, следовательно, предположительно хорошо представлены среди ископаемых; и действительно, среди мезозойских пород не недостает отпечатков, которые были описаны как листья саговников. Однако надежных материалов очень мало, и практически нет таких, которые демонстрировали бы хорошую микроскопическую структуру. Одни только отпечатки листьев являются весьма ненадежными — возможно, более ненадежными в этой группе, чем в любой другой — по причинам, которые станут ясны позже, и к выводам, которые обычно делались о огромном количестве саговников, населявших земной шар в раннем мезозое, следует относиться с осторожностью, исходя из опыта недавних открытий, доказывающих, что многие из этих листьев принадлежат к другому семейству.

Тем не менее, остается много подлинных образцов, которые показывают, что *Sucas*, безусловно, имеет очень давнюю историю, и образцы этого рода известны из более древних мезозойских пород. Однако мы не можем с такой же уверенностью, как раньше, утверждать, что мезозойская эра была «веком саговников», хотя она, без сомнения, была веком растений, которые во многом напоминали саговники по внешнему виду.

Из палеозойской эпохи у нас нет надежных свидетельств существования саговников, хотя растения того времени включали группу, которая, несомненно, была с ними связана.

Действительно, судя по ископаемым остаткам, мы должны предположить, что саговники, с момента своего появления, возможно, в конце палеозойской эры, никогда не были

доминирующим или очень распространенным семейством, хотя в прошлом они росли по всему миру и, по-видимому, сохранялись в Европе до середины третичной эпохи.

ГЛАВА XII

ИСТОРИЯ РАСТЕНИЙ

V. Птеридоспермы

Эта группа состоит исключительно из вымерших растений, которые достигли пика своего развития в каменноугольный период. Как группа, они являются самыми поздними открытиями в растительном мире, и еще несколько лет назад название «птеридоспермы» было неизвестно. Однако они составляют одно из самых интересных семейств растений и одно из самых многочисленных, процветавших в каменноугольный период.

Сначала следует упомянуть важный момент, представляющий интерес в их структуре: они имеют *листья, которые во всех отношениях похожи на обычные листья, но при этом несут семена*. Эти листья, которые, как мы теперь знаем, несли семена, долгое время считались типичными листьями папоротника и были названы и описаны как листья папоротника. Открытие этой группы ископаемых привело к двум чрезвычайно важным результатам: листья, по внешнему виду похожие на обычные листья, могут непосредственно нести семена, и эти листья, хотя и похожие на листья папоротника, несли семена, похожие на семена саговника.

Как указывает название *Pteridosperm*, эта группа является связующим звеном между папоротниками и семенными растениями и, как таковая, представляет особый интерес и ценность для ботаников.

Постепенное распознавание этой группы среди многочисленных фрагментов растений палеозойского периода является одним из самых интересных накопительных открытий в области ископаемой ботаники. С тех пор, как ископаемые останки привлекли внимание исследователей, среди богатых отпечатков угольных пластов было распознано множество «папоротников». Однако большинство из них не были связаны с каким-либо структурным материалом и получили множество различных названий, имеющих специфическое значение. Эти «виды» папоротников были настолько многочисленны, что предполагалось, что в период углерода () папоротники должны были быть доминирующим классом, и до сих пор часто говорят о «веке папоротников». В породах того же возраста, сохранившихся с идеальной микроскопической структурой, были обнаружены стебли, которые называли *Lyginodendron*. В угольных шарах, связанных с этими стеблями (которые были наиболее распространенными из сохранившихся стеблей), также были корни, черешки и листочки, но они были изолированы, как и большинство фрагментов в угольном шаре, и каждому из них было дано свое название, без учета того, что различные фрагменты могли быть связаны друг с другом. Однако постепенно различные фрагменты из угольных шариков были признаны принадлежащими друг другу; одного образца черешка, прикрепленного к стеблю, было достаточно, чтобы доказать, что все разбросанные черешки того же типа также принадлежали к этому виду стебля, а когда были найдены листья, прикрепленные к изолированному фрагменту черешка, цепочка доказательств того, что листья *Lyginodendron*

принадлежали к стеблю, была завершена, и так далее. В результате серии длительных и кропотливых исследований все части растения, которое теперь называется *Lyginodendron*, были собраны воедино, и отпечатки его листьев были соотнесены с ним; эти листья были похожи на листья папоротника, долгое время называвшегося *Sphenopteris*, изображенного на [рис. 77](#).



Рис. 77. Отпечаток листа *Sphenopteris*, папоротниковидная листва *Lyginodendron*

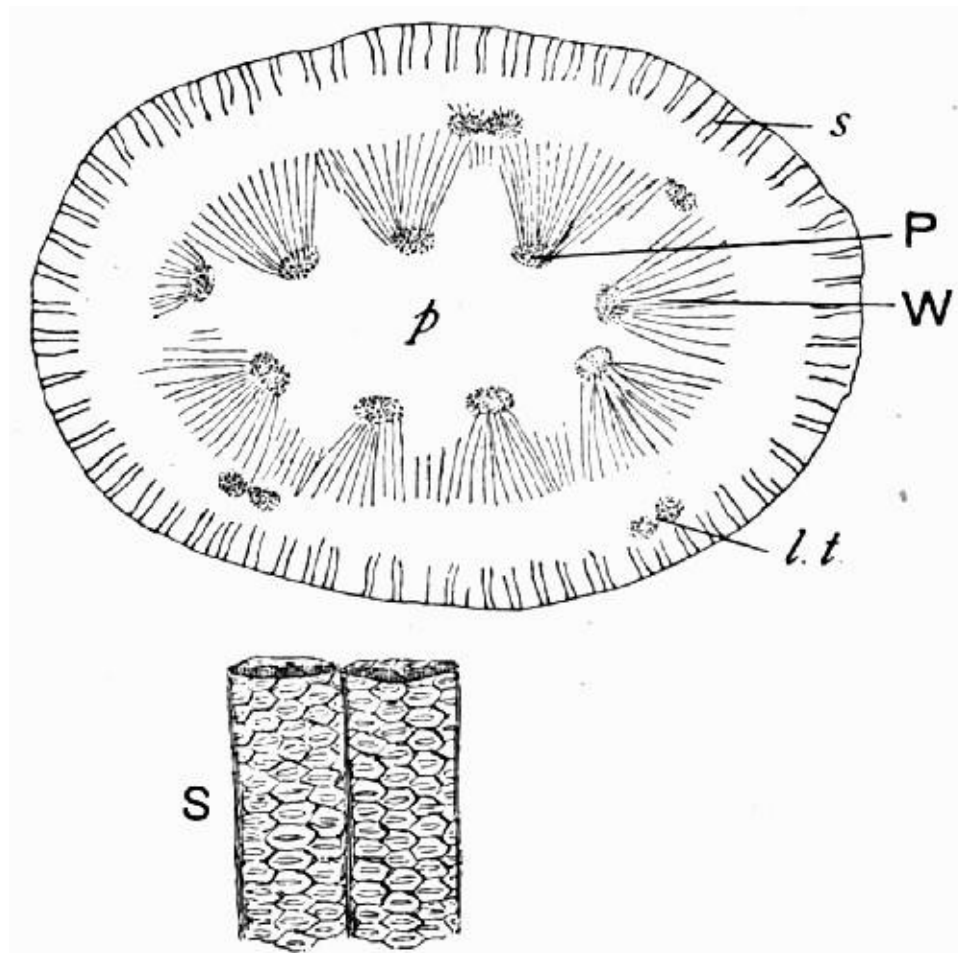


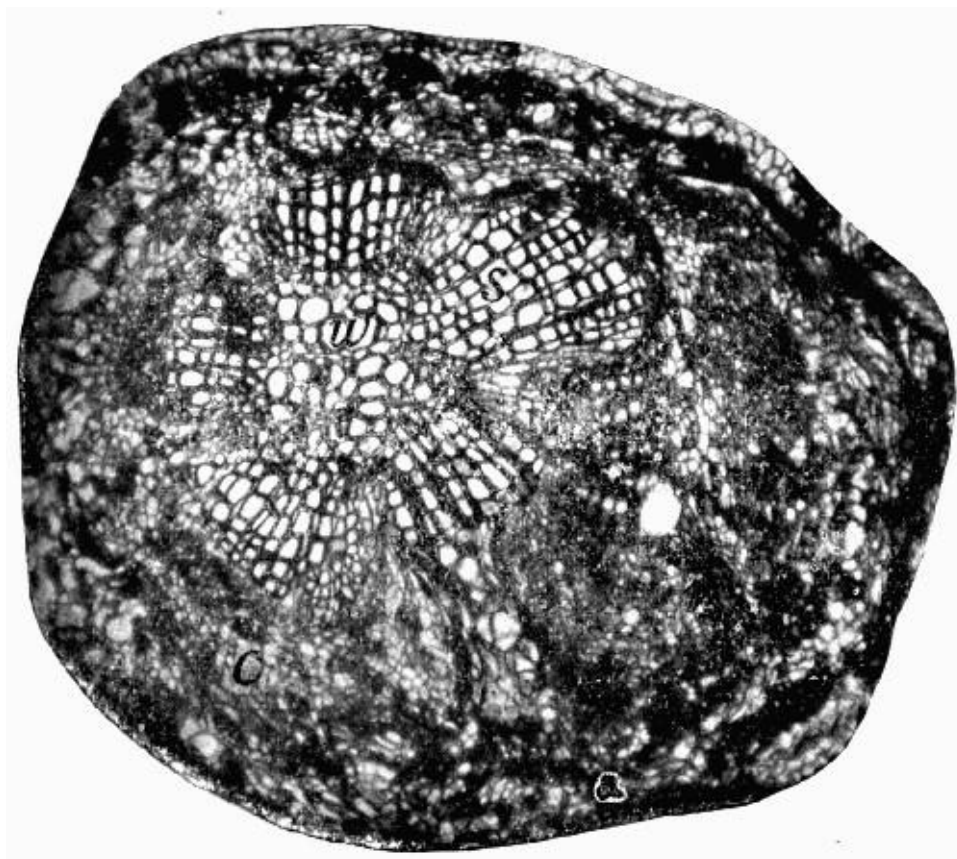
Рис. 78А. — Схема поперечного сечения стебля *Lyginodendron*

p, сердцевина; *P*, группы первичной древесины; *W*, вторичная древесина; *lt*, отпечаток листа; *s*, склеротизированные полосы в коре; *S*, продольный вид элементов древесины, показывающий ряды окаймленных ямок.

Анатомия главного стебля очень напоминает анатомию саговника. Зоны вторичной древесины имеют рыхлую структуру, количество мягких тканей между радиальными полосами древесины и размер сердцевины большие, в то время как от главной оси к основанию листа отходят двойные нити древесины. Однако первичные пучки не похожи на пучки стебля саговника, а имеют группы *центростремительной* древесины внутри протоксилемы и, таким образом, напоминают первичные пучки *Poroxyton* (см. стр. [97](#)), которые в этом отношении более примитивны, чем пучки саговников.

Корни *Lyginodendron* в молодом возрасте были похожи на корни папоротников *Marattiaceae*, их пятилучевая древесная масса была характерна для этого семейства и отличалась от типа корней, встречающихся у большинства других папоротников (ср. [рис. 78В](#)

с [рис. 35](#) на [стр. 60](#)). Однако, в отличие от корней папоротников любого вида, они имеют хорошо развитые зоны вторичной древесины, в чем они приближаются к корням



голосеменных (см. [рис. 78B, s](#)).

Рис. 78В. Поперечное сечение корня *Lyginodendron*

w, пятилучевая масса первичной древесины; s, зона вторичной древесины; c, кортикальные и другие мягкие ткани.

Дальнейшее смешение признаков наблюдается в сосудистых пучках черешков. Двойная нить, подобная той, что встречается у низших голосеменных, отходит от главной оси к основанию листа, но в самом черешке пучок похож на нормальную стелу папоротника и не имеет в поперечном сечении признаков, которые отличали бы его от папоротников. Такой черешок с V-образной стелой, похожей на папоротниковую, показан на [рис. 79](#). На черешках и стеблях были определенные грубые, колющие структуры, похожие на сложные волоски. В некоторых случаях () они железистые, как видно на [рисунке 79](#), и, поскольку они кажутся уникальными по своему внешнему виду, они оказались очень полезными при идентификации различных изолированных органов растения.

Как видно из [рис. 77](#), листья были довольно похожи на папоротник, но в структурных образцах они были обнаружены с характерными железистыми волосками растения.

Семена так долго были известны под названием *Lagenostoma*, что до сих пор так и называются, хотя были идентифицированы как принадлежащие к *Lyginodendron*. Они были небольшими (максимальная длина около $\frac{1}{4}$ дюйма) по сравнению с семенами большинства других растений этой группы или саговников, с которыми они имеют значительное сходство. Они слишком сложны, чтобы описать их полностью, и уже были упомянуты (см. [стр. 76](#)), поэтому здесь они не будут описываться подробно. На схематическом рисунке ([рис. 56](#)) показаны основные характеристики их продольного сечения (), а их поперечное сечение, изображенное на [рис. 80](#), демонстрирует сложный и тщательно продуманный



механизм вершушки.

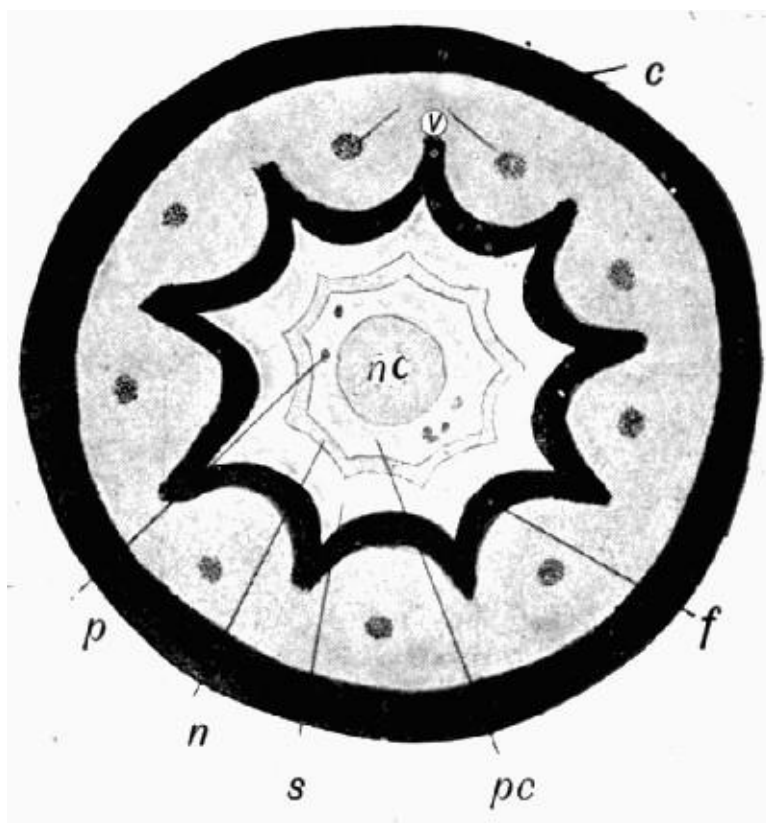
Рис. 79. Поперечное сечение черешка *Lyginodendron*

v, папоротникоподобная стела; с, кора; g, железистые волосковидные выпячивания.

Вокруг «семени» находилась оболочка, похожая на шелуху ореха лещины, которая, по-видимому, выполняла функцию защитного органа, хотя ее реальная морфологическая природа до сих пор остается нерешенной проблемой. На оболочке были железистые волоски, подобные тем, что были найдены на черешке и листьях, которые, по сути, были первыми подсказками, приведшими к открытию связи между семенем и растением *Lyginodendron*.

По-видимому, пыльцевые зерна образовывались в мешочках, очень похожих на спорангии папоротника, развивающихся на обычных листьях, и каждое зерно попадало в полость *pc* в семени (см. [рис. 56](#)), но о природе мужской клетки мы ничего не знаем. Ни в одном из окаменелостей в «семенах» не было найдено зародышей, поэтому можно предположить, что они созревали, или, по крайней мере, их ткани созревали, до оплодотворения.

Это, вкратце, основные особенности строения *Lyginodendron*. Но это растение является лишь одним из группы, и по крайней мере два других папоротникосеменных заслуживают внимания, а именно *Medullosa*, которое является более сложным, и *Heterangium*, которое



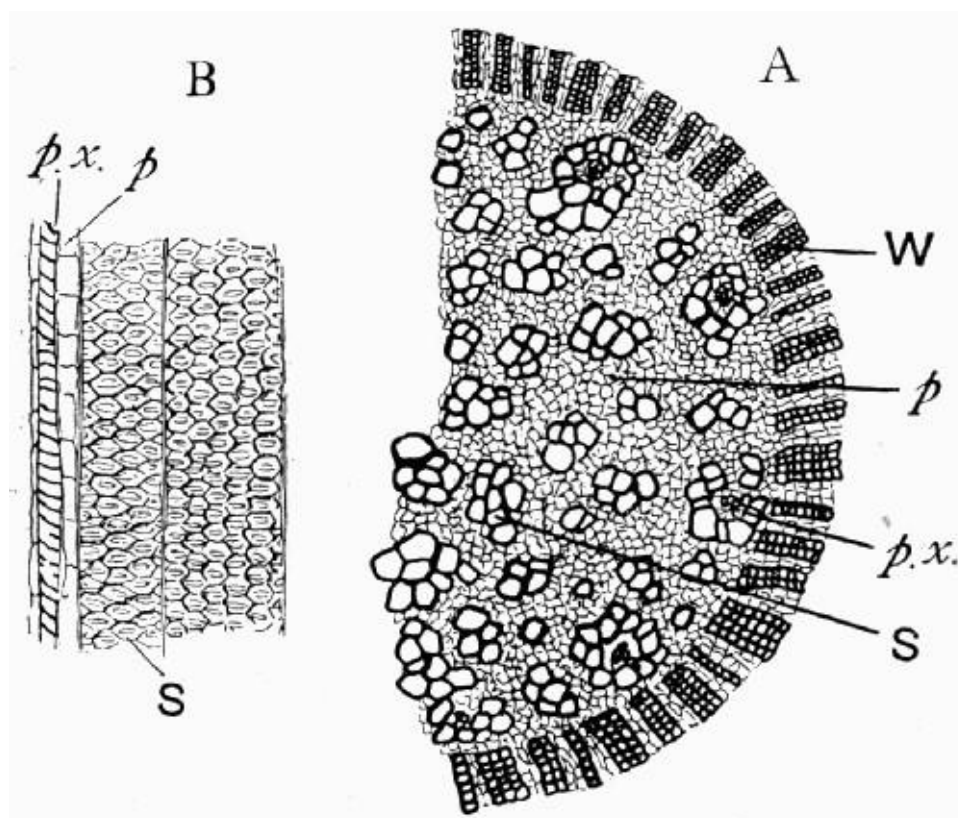
проще, чем центральный тип.

Рис. 80. — Схема поперечного сечения семени *Lagenostoma* вблизи вершины, показывающая девять бороздок *f* оболочки *c*; *v* — сосудистый пучок в каждой из них; *nc* — конус нуцеллярной ткани, возвышающийся в

бороздчатой вершине нуцеллуса *n*; *pc* — пыльцевая камера с несколькими пыльцевыми зернами; *s* — пространство между нуцеллусом и оболочкой. Сравните со [схемой 56](#).

Heterangium также встречается в породах, более древних, чем угольные серии Англии, хотя и относящихся к каменноугольному периоду, а именно в серии известковых песчаников Шотландии, а также в обычных углевых конкрециях. По ряду признаков он более примитивен, чем *Lyginodendron*, и, в частности, по строению стели ближе к папоротникам. Стебель, по сути, представляет собой твердую массу первичной древесины и древесного паренхимы, в некоторой степени соответствующую протостеблю простого типа (см. [стр. 61, рис. 36](#)), но с внешней стороны он имеет группы протоксилемы, окруженные древесиной как в центростремительном, так и в центробежном направлениях, которые являются, как и первичные пучки в *Lyginodendron*. Снаружи первичной массы древесины находится зона вторичной древесины, но ее количество не велико по сравнению с первичной (см. [рис. 81](#)), как это обычно бывает у *Lyginodendron*.

Хотя первичная масса имеет такой папоротниковый вид, более крупные трахеиды имеют ряды окаймленных точек, как и большинство трахеид *Pteridosperms*, в которых они



демонстрируют характер, свойственный *Gymnosperm*.

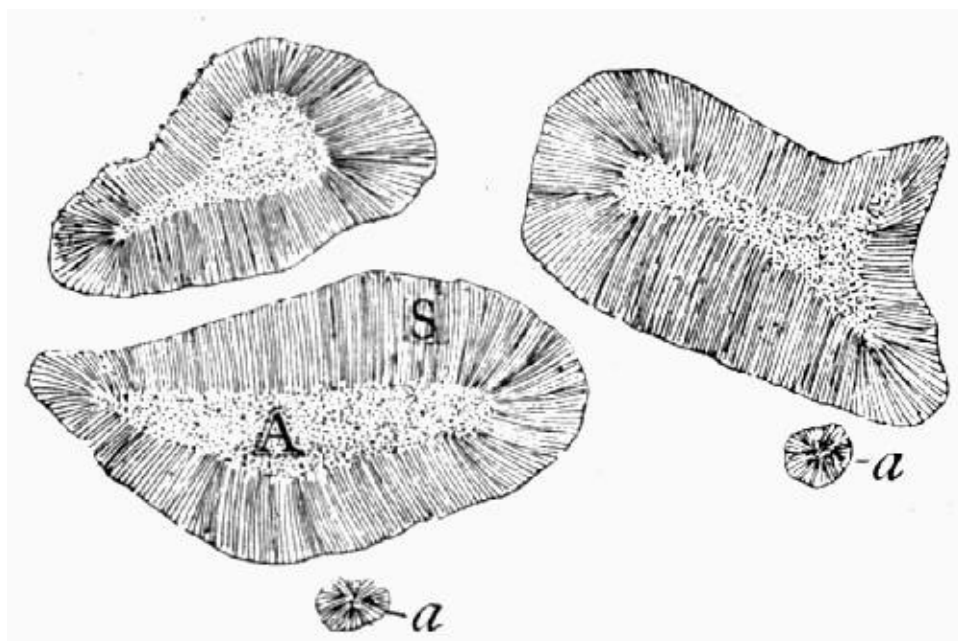
Рис. 81. — *Heterangium*

А, Половина стебля, показывающая центральную массу древесины S, смешанную с паренхимой р. Группы протоксилома р. х. расположены по направлению к внешней стороне стебля. Вокруг него находится узкая зона мелкоячеистой вторичной древесины W. В, Несколько клеток древесины в продольном разрезе: р. х., протоксилом; р, паренхима. S, крупные сосуды с рядами окаймленных ямок.

Листья *Heterangium* была похожа на листву папоротника, с сильно разделенными листьями, подобными листьям *Lyginodendron*. У нас есть основания подозревать, хотя фактические доказательства пока отсутствуют, что мелкие семена, похожие на семена голосеменных, росли непосредственно на этих листьях.

Медуллоза уже упоминалась (см. [стр. 72](#)) из-за интересного и необычно сложного типа ее сосудистой анатомии. Однако каждая отдельная стела из группы из трех в стебле по сути схожа со стелой *Heterangium*.

Хотя вся структура сильно отличается от других стеблей в растительном мире, тщательное сравнение с молодыми стадиями современных саговников указывает на возможную отдаленную связь с этой группой, в то время как в первичных структурах протостелей можно проследить сходство с папоротниками. Корни, даже в своих первичных тканях, были похожи на корни голосеменных, но листва с ее сложными листьями внешне была очень похожа на папоротник. Небольшая часть листа показана на [рис. 83](#) и по внешнему виду явно похожа на папоротник. Листья были большими, а их основания — крепкими и хорошо



снабженными многочисленными ветвящимися сосудистыми пучками.

Рис. 82. Стелы *Medullosa* в поперечном сечении стебля

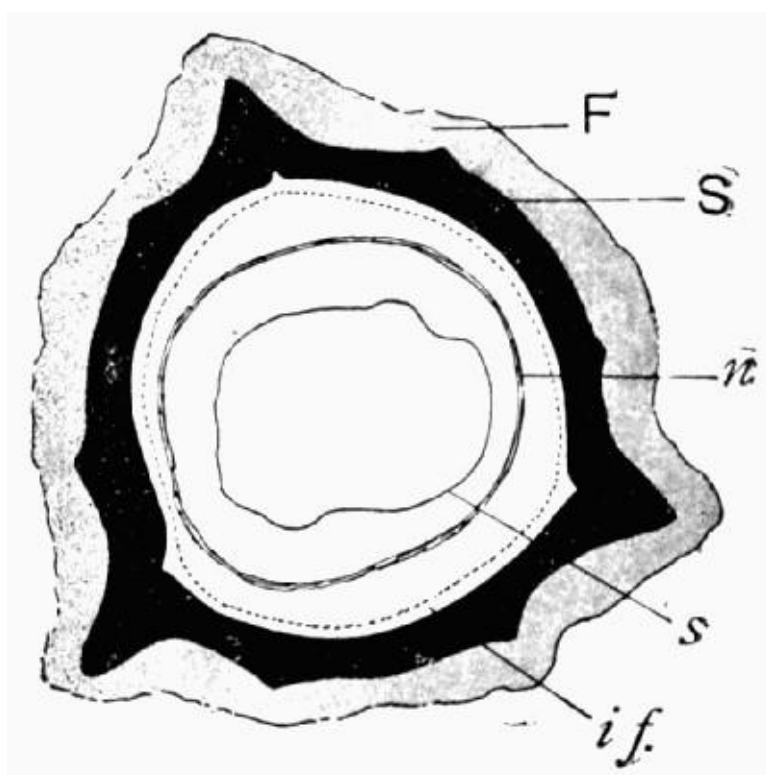


А, первичная твердая древесина; S, окружающая вторичная древесина.

Рис. 83. — Часть листа *Medullosa*, известного как *Alethopteris*, долгое время считавшегося папоротником

Существует сильное подозрение о связи между этим растением и некоторыми крупными трехреберными семенами, известными как *Trigonocarpus*, хотя фактическая преемственность пока не установлена ни в одном из обнаруженных до сих пор образцов. Эти семена упоминались ранее ([с. 76](#) и [с. 82](#)). Они были больше, чем другие ископаемые семена, о которых мы упоминали (), и, с их мясистой оболочкой (), были похожи по общей структуре на саговники, хотя тот факт, что семенная оболочка была отделена от внутренних тканей вплоть до основания, указывает на их более примитивную природу (ср. [рис. 55, стр. 76](#)).

Из отпечатков птеридосперм наиболее поразительным, пожалуй, является лист, известный как *Neuropteris* (см. [рис. 6, стр. 13](#)), к которому фактически прикреплены крупные семена (ср.



[рис. 85](#)).

Рис. 84. — Схематический поперечный разрез семени *Trigonocarpus*

S, камень оболочки с тремя главными и шестью второстепенными ребрами. F, мякоть оболочки; *if*, внутренняя мякоть; *n*, нуклеус, раздавленный и освобожденный от оболочки; *s*, стенка споры.



Рис. 85. Фрагмент листьев *Neuropteris* с прикрепленным семенем, показывающий, как семена росли на нормальных листьях у папоротниковых

Все большее число «папоротников» признается принадлежащим к Pteridosperms, но *Heterangium*, *Lyginodendron* и *Medullosa* образуют три основных рода и сами по себе

представляют собой серию, указывающую на связь между папоротниковыми и цикадовыми признаками.

До того, как плоды были признаны семенами, анатомия этих растений была известна, и их природа была частично признана только на основании этого, хотя в то время считалось, что они имеют только папоротникообразные споры.

Очень многочисленные отпечатки их папоротниковидной листвы на палеозойских породах указывают на то, что растения, имевшие такие листья, должны были существовать в то время в большом количестве. Фактически, они должны были быть одним из доминирующих типов растительности того периода. Недавнее открытие того, что значительная часть из них были не папоротниками, а семенными растениями, изменило устоявшееся мнение о том, что папоротники достигли пика своего процветания в угольном периоде. Действительно, окаменелости этого периода, которые, без сомнения, являются настоящими папоротниками, далеко не многочисленны. Именно семенные птеридоспермы достигли своего расцвета в палеозойскую эпоху. Пока еще неясно, привели ли они непосредственно к появлению саговников, но более вероятно, что они и саговники произошли от общего предка, который в какой-то мере обладал чертами обеих групп.

То, что птеридоспермы сами по себе сочетали в себе многие из наиболее важных черт как папоротников, так и голосеменных, иллюстрируется приведенным выше описанием, которое можно резюмировать следующим образом:

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПТЕРИДОСПЕРМ
G = голосеменные *F* = папоротникообразные

F Первичная структура корня.

G Вторичное утолщение корня.

F В *Heterangium* и *Medullosa*

F Твердая центростремительная первичная древесина стели.

G Ямки на трахеях первичной древесины.

G Вторичное утолщение стебля.

G Двойной след листа.

F Папоротниковидная стела в черешке.

F Папоротниковидные листья.

F Спорангии похожи на пыльцевые мешки.

F Репродуктивные органы расположены непосредственно на обычных листьях.

G Общая организация семени.

Таким образом, можно сразу увидеть, не вдаваясь в подробности, что признаки распределены между двумя группами примерно поровну. Связь с папоротниками очевидна, как и связь с голосеменными. Вопрос, который еще не решен и который, вероятно, будет долго обсуждаться, — это положение этой группы в общей схеме растительного мира. Являются ли они связующим звеном между папоротниками, с одной стороны, и всей группой высших растений, с другой, или же они ведут к саговникам и на этом заканчиваются?

ГЛАВА XIII

ИСТОРИЯ РАСТЕНИЙ

VI. Папоротники

К сожалению, записи в горных породах не уходят так далеко в прошлое, чтобы затронуть, пожалуй, самый интересный период в истории папоротников, а именно момент, когда они отделились от какого-то простого предкового типа или, по крайней мере, были достаточно примитивными, чтобы дать указания на их происхождение от какой-то более низшей группы.

До девонского периода все отпечатки растений имеют небольшую ценность, а к тому раннему докарбонovому времени сохранились сложные листья, которые, по всей видимости, принадлежат высокоорганизованным папоротникам.

Сегодня доминирующим семейством в этой группе является *Polypodiaceæ*. Оно включает в себя почти все британские папоротники и большинство видов во всем мире. Однако это семейство, по-видимому, не очень древнее, и его существование с уверенностью можно подтвердить только в мезозойскую эпоху.

Из позднего мезозоя у нас есть только материал в виде отпечатков, из которых невозможно сделать точные выводы, если к образцам не прикреплены спорангии, а это бывает нечасто. Кутикулу эпидермиса или споры иногда можно изучить под микроскопом после специальной обработки, но в целом у нас очень мало информации о папоротниках позднего мезозоя.

Недавно было описано несколько образцов из более раннего мезозоя с хорошо сохранившейся структурой, которые принадлежат к семейству *Osmundas* (так называемые «цветущие папоротники» из-за появления специальных листьев, на которых сгруппированы все спорангии) и по анатомическим признакам их стеблей показывают, что они могут быть связаны со старой группой *Botryopterideæ*, в которую входят наиболее важные палеозойские папоротники.

В палеозойских породах имеются многочисленные отпечатки, а также окаменелости папоротников, но в большинстве случаев связь между ними еще не установлена. Существовало две основные серии папоротников, которые можно отнести к

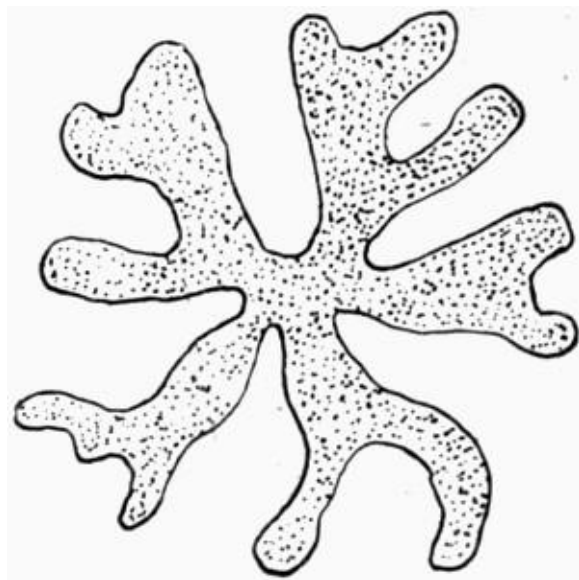
I. *Marattiaceæ*.

II. *Botryopterideæ*.

Из них первая группа все еще имеет живых представителей, хотя она небольшая и неважная по сравнению с тем, чем была когда-то; вторая группа полностью вымерла и в основном развивалась в каменноугольном и последующем пермском периодах.

Последняя группа также более интересна, поскольку ее представители демонстрируют большое разнообразие, и из них можно составить серию, которая, по-видимому, указывает на путь, пройденный в направлении к типу папоротникоцветных (). По этой причине эта группа будет рассмотрена в первую очередь, пока структура папоротникоцветных еще свежа в нашей памяти.

Botryopteridae составляли обширное и сложное семейство с многочисленными представителями различной степени сложности (). К сожалению, о их внешнем виде известно очень мало, а о листе почти ничего не известно. Они известны в основном по анатомии стеблей и черешков. Некоторые из них имели вертикальные стволы, как небольшие древовидные папоротники (однако современные древовидные папоротники принадлежат к совершенно другому семейству), другие, по-видимому, имели подземные

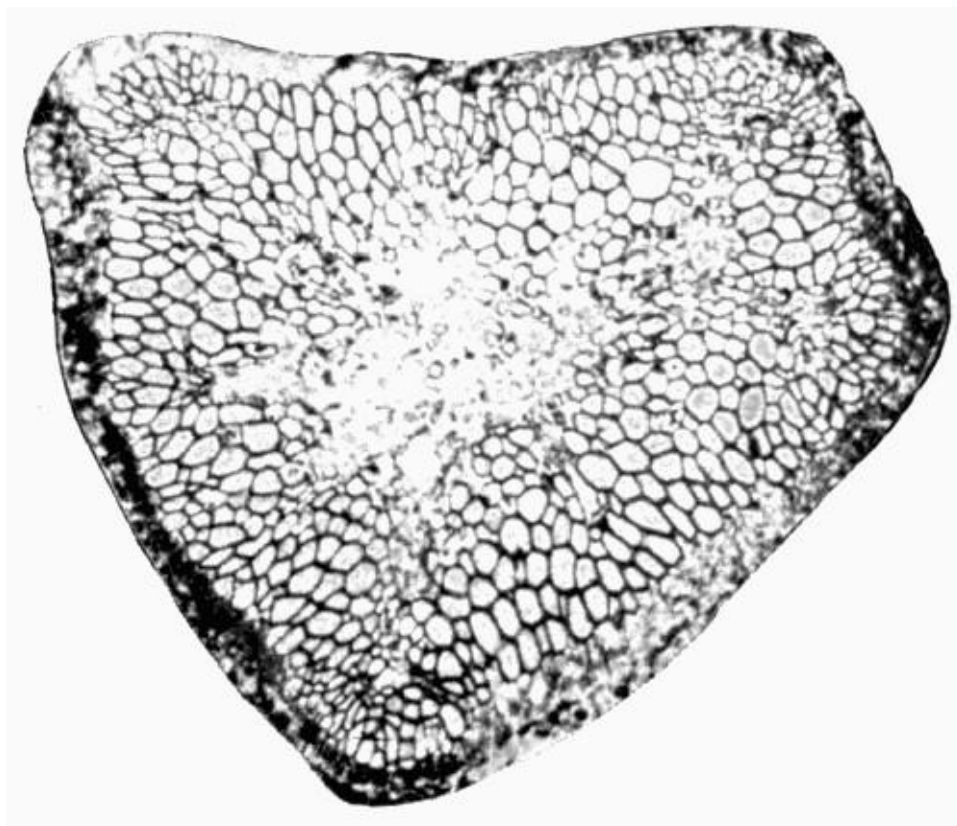


стебли, а многие были стройными вьющимися растениями.

Рис. 86. — Стебель *Asterochlaena*, демонстрирующий его глубоко лопастную природу

По своей анатомии все представители этого семейства имеют моностельную структуру (см. [стр. 62](#)). Это примечательно, поскольку в настоящее время, хотя ряд родов являются моностельными, ни одно семейство, члены которого достигают значительных размеров или устойчивого роста, не является исключительно моностельным. Форма одиночной стели у разных родов очень разнообразна, у некоторых она настолько глубоко лопастная, что только при тщательном исследовании можно распознать ее моностельную природу. На [рис.](#)

[86](#) изображен радиальный звездообразный тип. Между этим сложным типом протостелы у *Asterochlaena* и простой твердой круглой массой, наблюдаемой у *Botryopteris* ([рис. 88](#)).



существуют все возможные градации структуры.

Рис. 87. — Стебель Botryopteridean, показывающий мягкую ткань в центре твердой древесины протостели.
(Микрофотография.)

У нескольких родов центр древесины не является полностью твердым, а содержит клетки мягкой ткани, зачаточную сердцевину, смешанную с рассеянными трахеидами, как показано на [рис. 87](#).

У большинства родов от главной оси отходят многочисленные черешки, которые часто имеют большие размеры по сравнению с ней и иногда могут быть толще, чем сама ось. Вместе с черешком обычно отходят придаточные корни, как показано на [рис. 88](#), где изображена главная ось *Botryopteris*. Черешки этой группы имеют очень разнообразную структуру, а некоторые из них чрезвычайно сложны. Некоторые из форм, принимаемых стелями черешков, показаны на [рис. 89](#); они не разделены на отдельные пучки ни в одной из известных форм, как это происходит со многими стелями черешков других семейств.

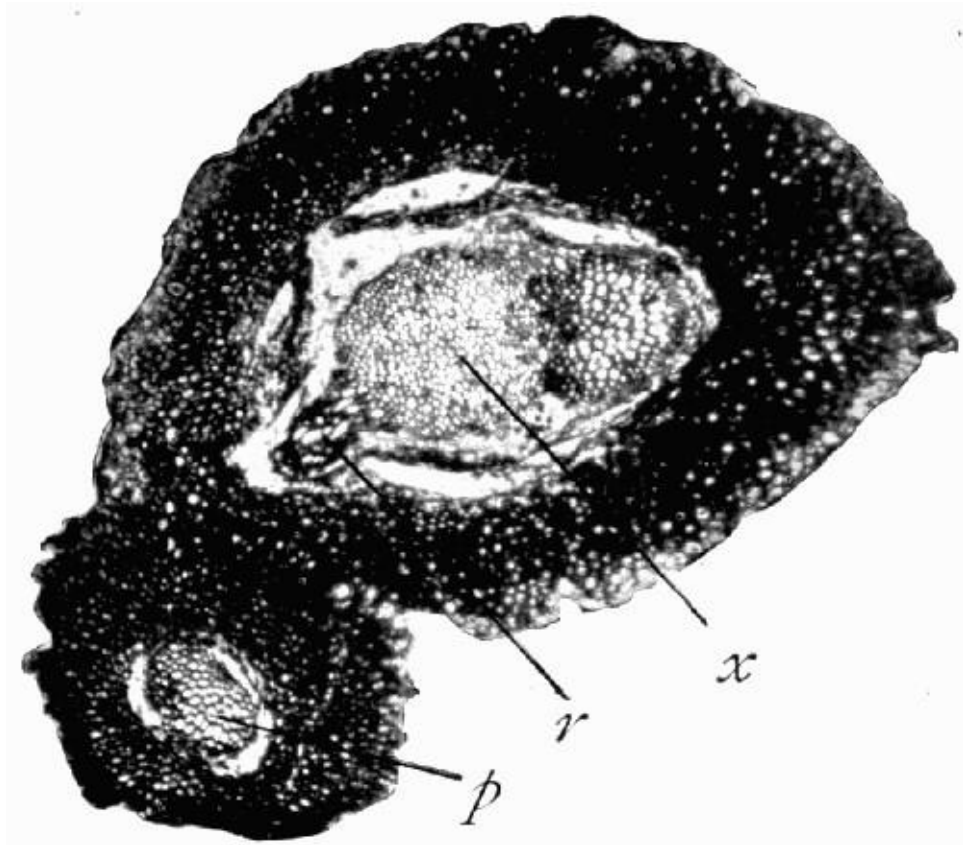


Рис. 88. — Главная ось *Botryopteris* с простым твердым протостелем *x*. Также видны черешок, готовый отделиться *p*, и нить, выходящая к придаточному корню *r*. (Микрофотография.)

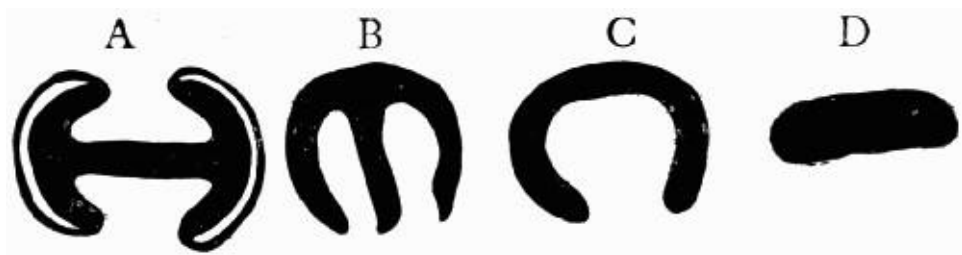


Рис. 89. — Диаграммы, показывающие формы стел в некоторых черешках разных родов *Botryopterideae*

A, Zygopteris; B, Botryopteris; C, Tubicaulis; D, Asterochlaena.

В одном роде семейства наблюдается вторичная древесина. Это очень напоминает состояние стелы у *Heterangium*, где большая масса первичной древесины окружена относительно небольшим количеством вторичного утолщения, развитого в нормальных радиальных рядах из камбия.

Еще одним примечательным моментом в древесине этих растений является утолщение стенок древесных клеток. Многие из них имеют несколько рядов окаймленных ямок и по отдельности практически неотличимы от клеток папоротниковых семяносец (), см. [рис. 81](#) и [рис. 90](#). Они не похожи на характерные древесные клетки современных папоротников и других семейств палеозойских папоротников.

Листья большинства представителей семейства неизвестна, или, по крайней мере, из множества отпечатков, которые, возможно, принадлежат разным родам, большая часть еще не соотнесена с соответствующим структурным материалом. Однако есть признаки того, что листья были большими и сложно разделенными.

Плоды, по-видимому, были папоротниковыми спорангиями нормального, но довольно массивного типа. Для большинства родов они неизвестны, хотя в некоторых случаях они были найдены в связи с узнаваемыми частями их ткани. Наиболее известные спорангии большие по сравнению с живыми спорангиями (фактически около 2,5 миллиметров в длину), овальные мешочки, сгруппированные вместе на маленьких цветоножках. Споры внутри них, по-видимому, ничем существенно не отличаются от нормальных споры папоротников.

Сосуществование Botryopterideae и Pteridosperms, а также несколько моментов в структуре первых, которые, по-видимому, привели к появлению признаков второй группы, имеют большое значение. Botryopterideae, даже если бы они были полностью изолированной группой, были бы интересны разнообразием структур и вариациями монотелы в их анатомии; а видное место, которое они занимали в палеозойской флоре, как самое большое семейство папоротников того периода, придает им важное значение в ископаемой ботанике.



Рис. 90. Трахеи древесины папоротника Botryopteridean в продольном сечении, показывающие ряды ямок на стенках. (Микрофотография.)

Другое важное семейство палеозойской эпохи, MARATTIACEAE, имеет потомков, живущих в настоящее время, хотя семейство в настоящее время представлено небольшим количеством видов, принадлежащих всего к пяти родам, которые ограничены тропиками. Возможно, самым известным из них является гигантский «слоновый папоротник» (), который выбрасывает из своего подземного корня огромные сложные листья высотой в десять или двенадцать футов. Другие виды имеют более обычный для папоротников размер и внешний вид, а некоторые имеют крепкие надземные стволы, поддерживающие крону листьев. Члены этого семейства имеют очень сложную анатомию, с несколькими рядами стеблей большого размера и нерегулярной формы. Их плоды характерны тем, что спорангии расположены группами от пяти до двенадцати и срастаются между собой, а не созревают в виде отдельных мешочков, как у других семейств папоротников.

Отпечатки листьев с этим типом соруса (группа спорангиев папоротника) найдены в мезозойских породах, и они связывают живых представителей семейства с теми, которые жили в палеозойскую эпоху.

В каменноугольном и пермском периодах эти растения процветали, и с тех времен сохранились остатки очень многочисленных видов. В то время семейство было гораздо более обширным, чем сейчас, и отдельные представители, по-видимому, достигали гораздо больших размеров, поскольку многие из них имели вид больших древовидных папоротников с массивными стволами. До триасового периода половина папоротников, по-видимому, принадлежала к этому семейству; однако с тех пор их число, по-видимому, постепенно сократилось до нескольких существующих в настоящее время родов.

На континенте окаменелости этого типа с хорошо сохранившейся структурой давно известны широкой публике, поскольку их анатомия придавала камням очень красивый вид после полировки, так что они использовались ювелирами в декоративных целях еще до того, как был признан их научный интерес.

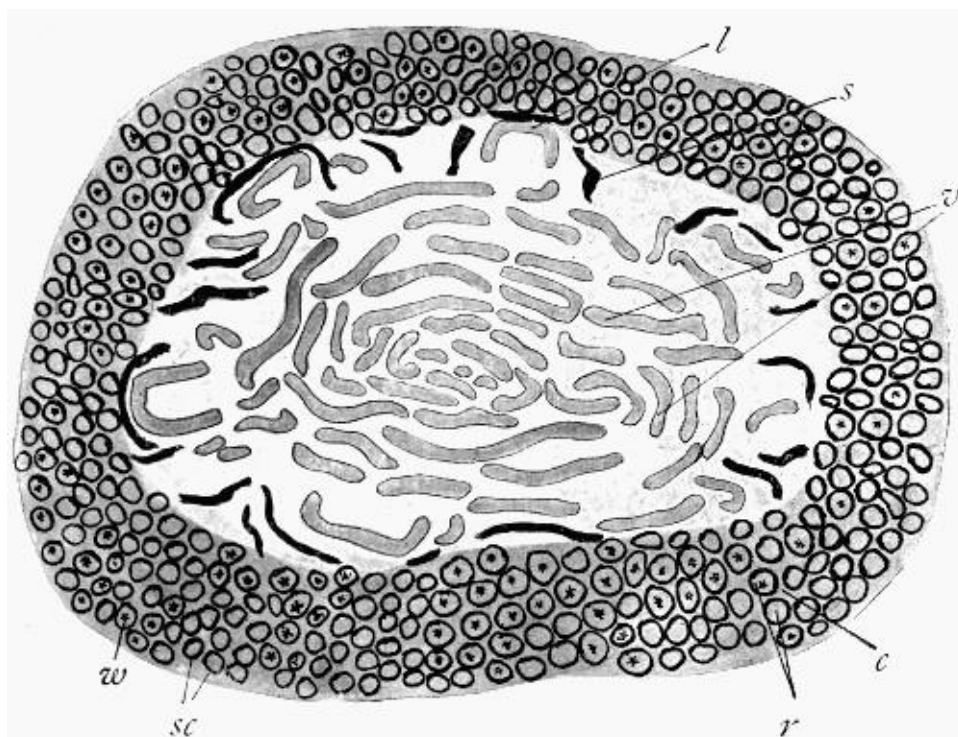
Члены палеозойского семейства Marattiaceae, структура которых сохранилась, обычно относятся к роду *Psaronius* из семейства , в котором насчитывается большое количество видов. Они демонстрируют значительную однородность в своей основной структуре (в чем они заметно отличаются от только что описанной группы папоротников), поэтому будет рассмотрен только один тип.

По внешнему виду они, вероятно, напоминали современные «деревянистые папоротники» (хотя те принадлежат к совершенно другому семейству), с массивными пнями, некоторые из которых достигали высоты 60 футов. Крупные раскидистые листья были расположены на стебле по-разному: некоторые — в два ряда вдоль него, как видно по отпечаткам листовых рубцов, а другие — в сложных спиралях. На листьях находились споровые мешки, которые были сгруппированы, некоторые полностью сросшиеся, как у современных представителей семейства, а другие с независимыми спорангиями, сгруппированными в четко очерченные группы. По своей микроскопической структуре они также, по-видимому, были очень похожи на споры современных Marattiaceae.

Поперечное сечение стебля показывает наиболее характерный и хорошо известный вид растения. Это показано на [рис. 91](#) в несколько схематичной форме.

Масса корешков, которые полностью пронизывают и окружают наружные ткани стебля, является очень яркой и характерной чертой всех видов *Psaronius*. Хотя такая масса корней не встречается у современных видов, микроскопическая структура отдельного ископаемого корня почти идентична структуре живого *Marattia*.

Хотя эти растения были столь успешными и важными в палеозойскую эпоху, даже тогда эта группа, по-видимому, обладала небольшим разнообразием и небольшим потенциалом для развития в новых направлениях. Они отличаются от других ископаемых, а те немногие формы, которые в настоящее время составляют живые *Marattiaceae*, изолированы от современных успешных типов папоротников. От *Psaronieae* мы не можем проследить никакого развития в сторону современной серии растений, никакой связи с другой важной группой в прошлом. Они, по-видимому, достигли своего расцвета в позднем палеозое и с тех пор постепенно сошли на нет. Было высказано предположение (), что мужские плоды *Bennettiteae* и *Pteridosperms* имеют некоторое сходство с *Marattiaceae*, но, по-видимому, нет



достаточных оснований для предположения о филогенетической связи между ними.

Рис. 91. Поперечное сечение стебля *Psaronius*

v, многочисленные нерегулярные стели; s, нерегулярные участки склеренхимы; l, след листа в виде подковообразной стели; c, зона коры с многочисленными придаточными корнями r, проходящими через нее; sc, склерозированная кортикальная зона корней; w, сосудистая нить корней.

Прежде чем оставить палеозойские папоротники, следует упомянуть об очень многочисленных отпечатках листьев, которые, по-видимому, демонстрируют истинные признаки папоротников, хотя они не были связаны с материалом, показывающим их внутреннюю структуру. Среди них редко встречаются отпечатки с *сорами* или спорангиями, но такие отпечатки известны и сами по себе достаточны, чтобы доказать утверждение о том, что истинные папоротники существовали в палеозойскую эпоху. В качестве научной курьезы можно упомянуть, что после открытия того, что многие отпечатки листьев, которые всегда считались папоротниками, на самом деле принадлежали семенным папоротникам (), среди некоторых ботаников возникла паника, и они выдвинули поразительную идею, что в палеозойскую эпоху папоротников вообще *не* было, а современные папоротники являются выродившимися семенными растениями!

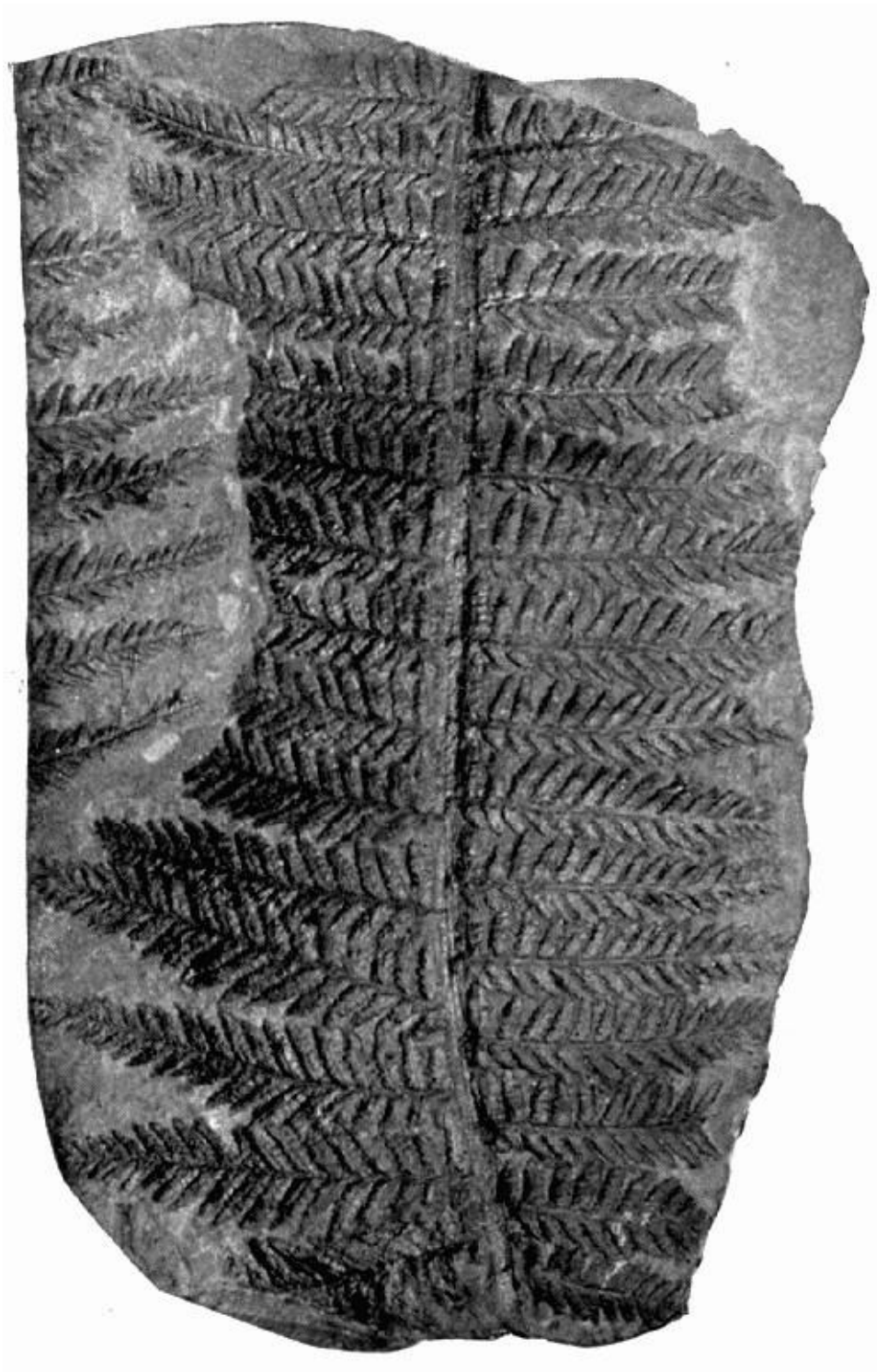


Рис. 92. Отпечаток палеозойского папоротника с *сорами* на пиннулах. (Фото.)

Эти две большие группы из палеозойской эры включают практически все папоротники, которые процветали в то время. Их называли (вместе с несколькими другими типами, о

которых мало что известно) *Primofilices*, что подчеркивает их примитивные черты. Однако, как можно видеть по сложной организации родов, они сами продвинулись далеко вперед по сравнению со своими действительно примитивными предками. Есть явные признаки того, что Botryopterideae () находились в периоде изменений, который можно почти назвать состоянием перемен, и что от их центральных типов отделились и специализировались различные семейства. Однако за Botryopterideae у нас нет образцов, которые показали бы нам связь между ними и более простыми группами, из которых они, вероятно, произошли. Из подробного сравнительного исследования анатомии растений мы можем вывести некоторые существенные признаки таких предковых растений, но здесь область ископаемой ботаники заканчивается, уступая место теоретическим спекуляциям. На самом деле, между папоротниками и другими семействами папоротниковых () существует глубокая пропасть, которую пока что могут пересечь только специалисты, привыкшие к рискованным переходам по таким конструкциям. Пока опоры и столбы моста не будут построены из прочного камня ископаемых структур, мы должны остерегаться отправляться в то, что может оказаться опасным путешествием.

В угольных отложениях и более ранних периодах мы видим папоротники, уже представленные двумя большими семействами, сильно отличающимися друг от друга и от основных семейств современных папоротников, которые появились позднее из какого-то рода, который мы еще не распознали. Но хотя их прошлое так неясно, палеозойские папоротники и их сородичи проливают яркий свет на ход эволюции высших групп растений, и можно сказать, что пропасть между папоротниками и семенными растениями надежно преодолена Botryopterideae и Pteridosperms.

ГЛАВА XIV

ИСТОРИЯ РАСТЕНИЙ

VII. Ликоподы

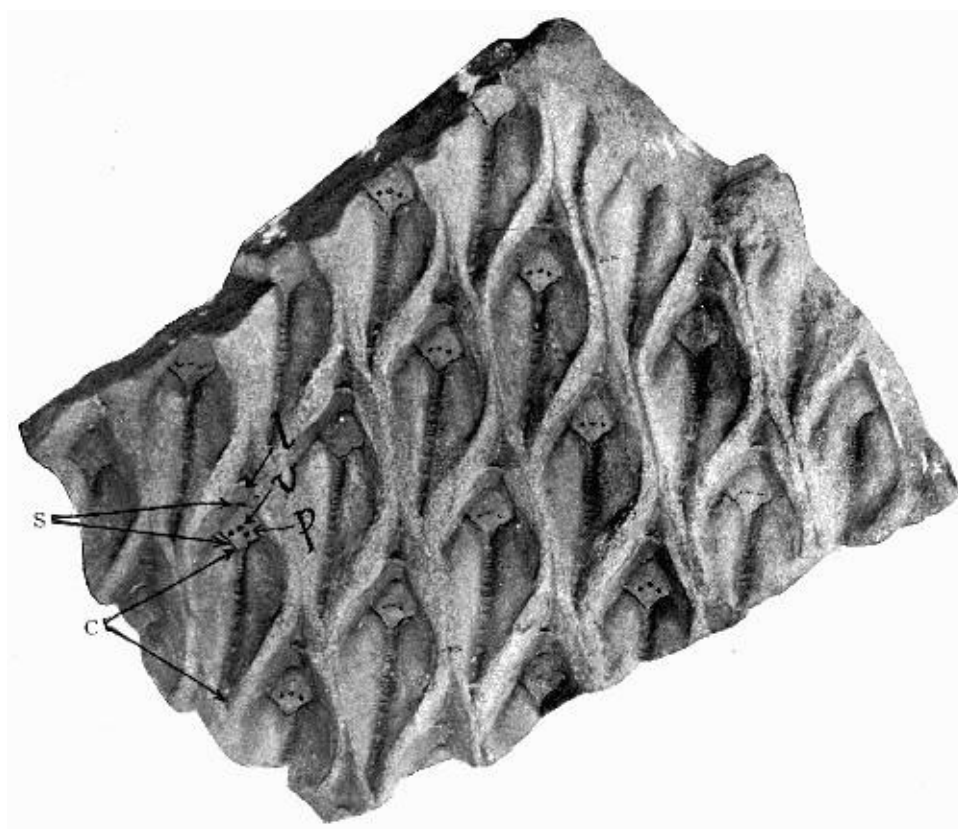
Современные представители этого семейства не производят особого впечатления, и их скромность может быть легко упущена из виду теми, кто не интересуется непритязательными растениями. Свежая зеленая моховидная *Selaginella*, выращиваемая флористами в качестве декоративной окантовки в теплицах, и ползучий «клубневой мох», выющийся среди вереска на болотах Хайленда, являются, вероятно, наиболее известными из ныне живущих представителей ликоподиев. В прошлом эта группа занимала совсем другое положение, и в далекую эпоху каменноугольных отложений она была доминирующей. Многие гиганты леса принадлежали к этому семейству (см. [фронтиспис](#)), и число видов, входивших в него, было очень велико.

Давайте сразу перейдем к этому благополучному периоду в истории группы. История времени, прошедшего между ним и настоящим моментом, — это лишь рассказ об исчезновении крупных видов, постепенном сокращении семейства и усыхании его представительных родов.

Трудно описать характеристики научного семейства несколькими простыми словами, но, возможно, мы можем охарактеризовать живые ликоподы как растения с ползучими стеблями, которые с большой регулярностью делятся и подразделяются на две части и несут большое количество очень мелких заостренных листьев, плотно расположенных вокруг стебля. Плодовые органы расположены на концах ветвей и иногда сами делятся на две части, и в этих конусообразных осях расположены споровые капсулы, по одной на верхней стороне каждой чешуйки (см. [стр. 67, рис. 46, А](#)). У ликоподиев все споры одинаковы, у селлагинелл есть более крупные споры, расположенные в небольшом количестве (четыре) в некоторых спорангиях (см. [рис. 53, стр. 75](#)), а другие — в большом количестве и меньшего размера на чешуйках над ними. Стебли очень тонкие и не имеют зон вторичной древесины. Они обычно ползучие или выющиеся, и из них выходят длинные структуры, похожие на корни, которые являются специально модифицированными стеблеподобными органами, дающими начало корням.

Из ископаемых углеродных отложений в качестве примера для сравнения следует выбрать *Lepidodendron*. Различные виды этого рода очень многочисленны, и различные ископаемые остатки этого рода являются одними из самых распространенных и наиболее известных палеонтологических образцов. Огромные стебли представляют общественный интерес и сохранились в Виктория-парке в Глазго в их первоначальном положении в скалах, по-видимому, так как они росли с распростертыми корневидными органами, простирающимися горизонтально. Большой пень также сохранился в Манчестерском музее

и изображен на [фронтиспise](#). Среди слепков и отпечатков основания листьев растения являются одними из наиболее хорошо сохранившихся и красивых (см. [рис. 93](#)). Шишка уже была проиллюстрирована в « » (см. [рис. 46](#) и [рис. 9](#)) и является одним из наиболее известных



окаменелых плодов.

Рис. 93. — Фотография оснований листьев *Lepidodendron*

С, рубчик листа; S, основание листа. В рубчике: v, след отсеченного сосудистого пучка, и p, от парихноса. l, рубчик лигулы.

На основе обильного, хотя и разрозненного материала, ботаники-палеонтологи реконструировали растения во всех деталях. Стволы были высокими и очень толстыми, неся к вершине сильно разветвленную крону, ветви, даже до самых тонких веточек, все делились на две равные части. Листья, как и следовало ожидать от растений больших размеров, были намного больше, чем у современных видов (на [рис. 93](#) показан фактический размер оснований листьев), но по сравнению со стеблями они были *относительно* небольшими и имели ту же простую заостренную форму (). Поперечное сечение вершины плодоносящей ветки показывает, что эти плотно расположенные листья расположены рядами вокруг оси, а те, что находятся с внешней стороны, имеют центральную сосудистую полосу, проходящую через каждый из них.

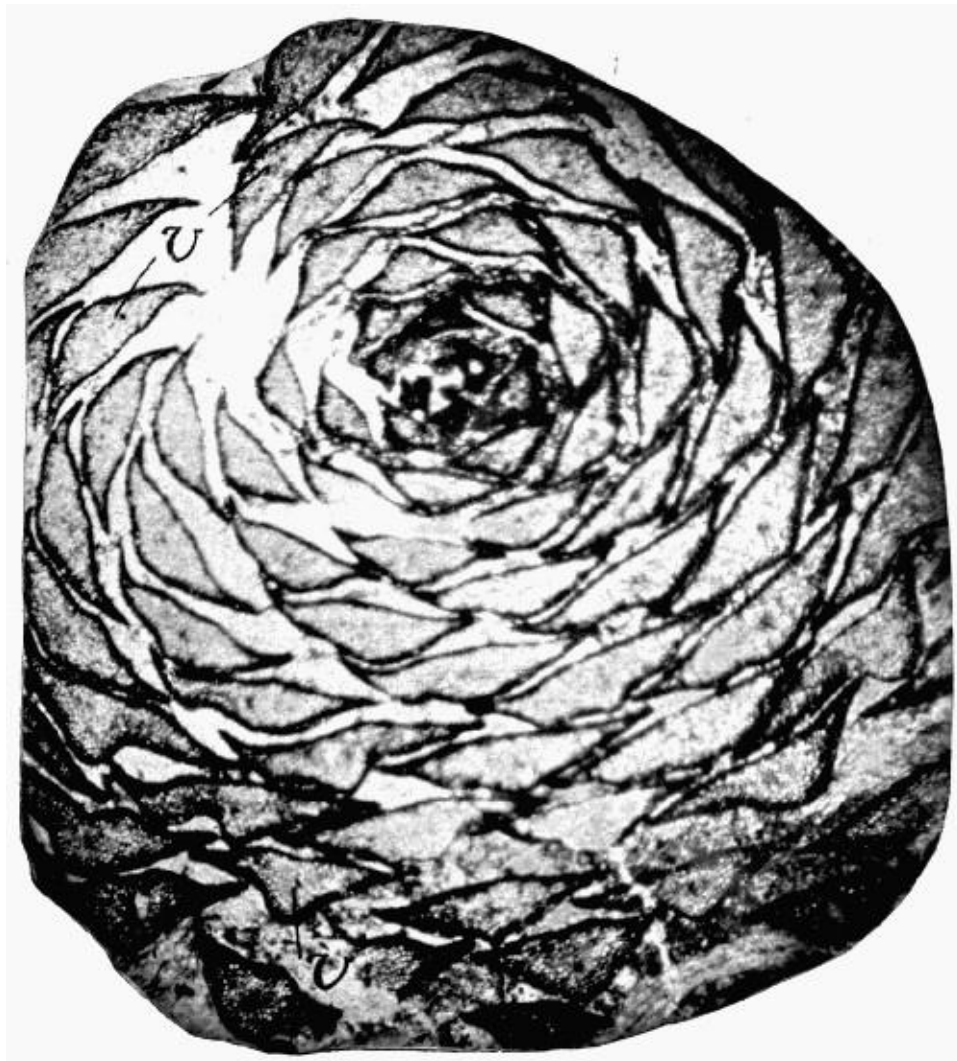
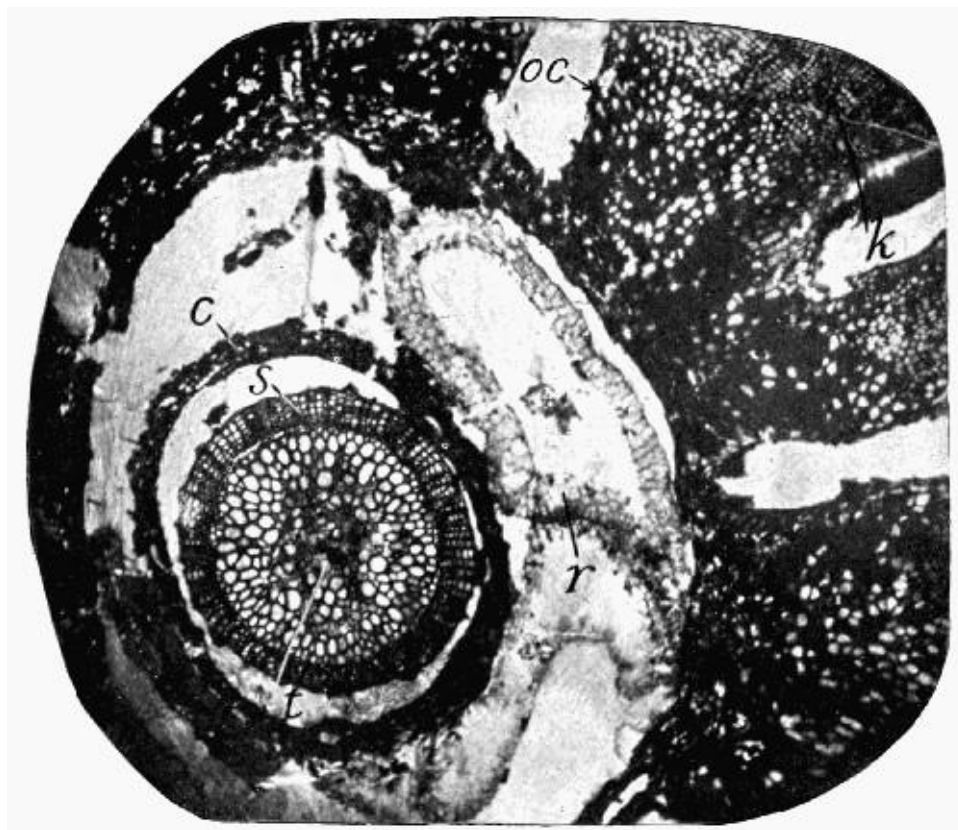


Рис. 94. — Разрез по оси, окруженной множеством листьев, который показывает их простую форму и единственный центральный сосудистый пучок *v*

Отпечатки, оставленные на хорошо сохранившихся рубцах листьев, указывают на основные особенности внутреннего строения листьев. Они имели один центральный сосудистый пучок (*v*, [рис. 93](#)), по обе стороны от которого проходил пучок мягкой ткани *p*, называемый парихносом, который характерен для растений этой группы. Еще одной подобной малоизвестной структурой, связанной с листом, является небольшая чешуйчатая язычок *l* на его верхней поверхности.

Анатомия стеблей интересна тем, что у различных видов рода *Lepidodendron* () можно найти разные стадии развития, от простого твердого протостеля с однородной массой древесины до полых кольцевых стелей с сердцевинкой. Интересная промежуточная стадия между этими двумя встречается у *Lepidodendron selaginoides* (см. [рис. 95](#)), где центральные клетки древесины не являются настоящими водопроводящими клетками, а представляют собой короткие нерегулярные трахеиды для хранения воды (см. [стр. 56](#)), которые смешаны

с паренхимой. Все роды этих ископаемых имеют одну центральную стелу, вокруг которой обычно находится зона вторичной древесины, более или менее обширная в зависимости от



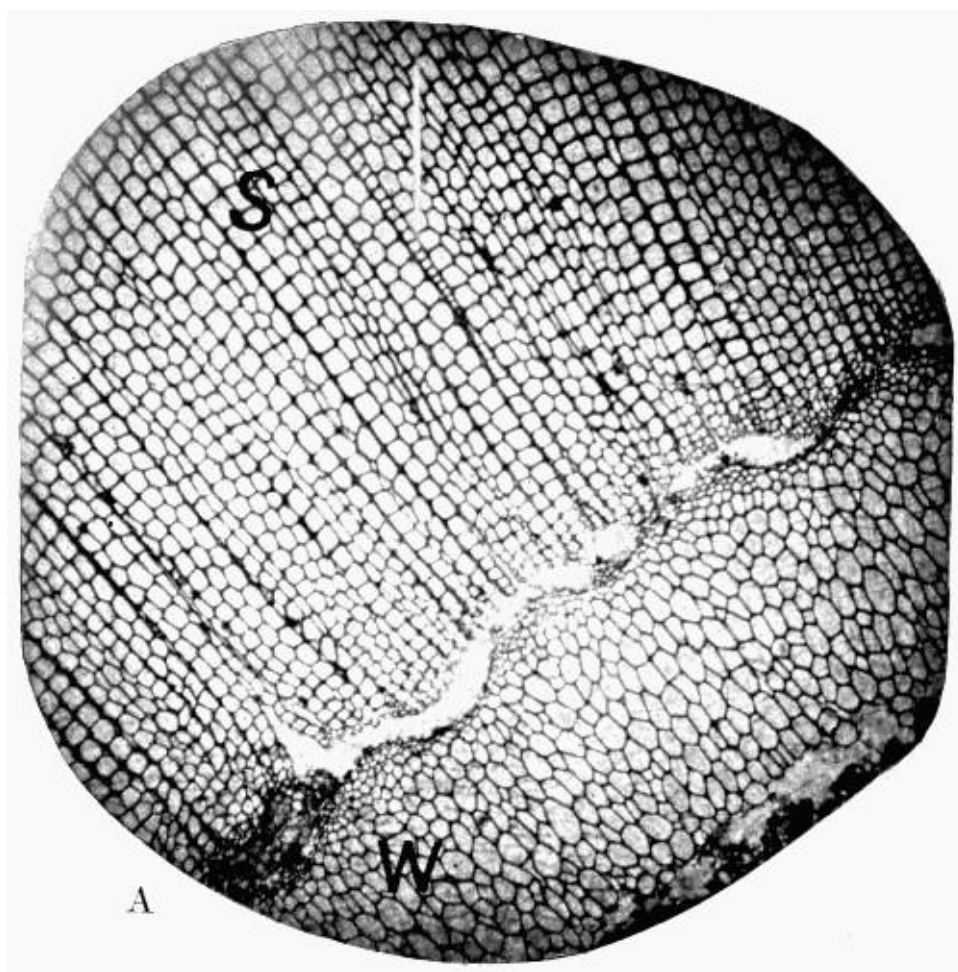
возраста растения.

Рис. 95. Поперечное сечение *Lepidodendron selaginoides*, показывающее круглую массу первичной древесины, центральные клетки которой представляют собой нерегулярные трахеиды, служащие для хранения воды

, зона вторичной древесины; *c*, внутренние кортикальные ткани; *r*, интрузивный корневой отросток; *oc*, наружные кортикальные ткани с пробковыми внешними слоями *k*. (Микрофотография.)

Некоторые стебли вместо этой компактной центральной стели имеют кольцо из древесины с обширной сердцевинной. Такой тип иллюстрируется на [рис. 96](#), который показывает только часть круга из древесины и зону вторичной древесины снаружи него, которая значительно превосходит первичную массу по толщине. Эта зона вторичной древесины стала очень обширной в старых стеблях, поскольку, как можно себе представить, первичной древесины было недостаточно для снабжения больших стволов. Способ его развития из нормального камбия в виде радиальных рядов однородных трахеид очень похож на тот, который встречается у современных сосен. Это самое важное различие между живыми и ископаемыми стволами семейства, поскольку ни одно из живых растений семейства не имеет такой вторичной древесины. С другой стороны, отдельные элементы этой древесины отличаются от элементов высших семейств, рассмотренных до сих пор, и имеют узкие

щелевидные ямки, разделенные полосами утолщения на продольных стенках. Такие трахеиды обычно встречаются у папоротниковых, как живых, так и ископаемых. Их тип показан на [рис. 96, В](#), который следует сравнить с рис. [78, А](#) и [62, В](#), чтобы увидеть контраст с



высшими группами.

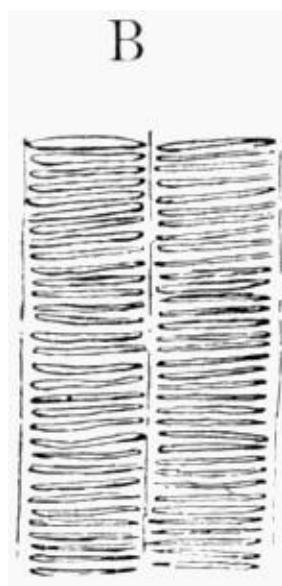


Рис. 96. — А, Ствол *Lepidodendron* с полным кольцом древесины W и зоной вторичной древесины S. В, Продольный вид узких ямок элементов древесины.

Для снабжения сосудистых тканей листовых следов простые нити отходят от внешней части первичной древесины, где выступают группы мелкоклеточного протоксилема (см. *рх* на [рис. 97](#)). Листовые нити *lt* в значительном количестве проходят через кору, чтобы снабжать многочисленные листья, в каждый из которых входит по одной нити.

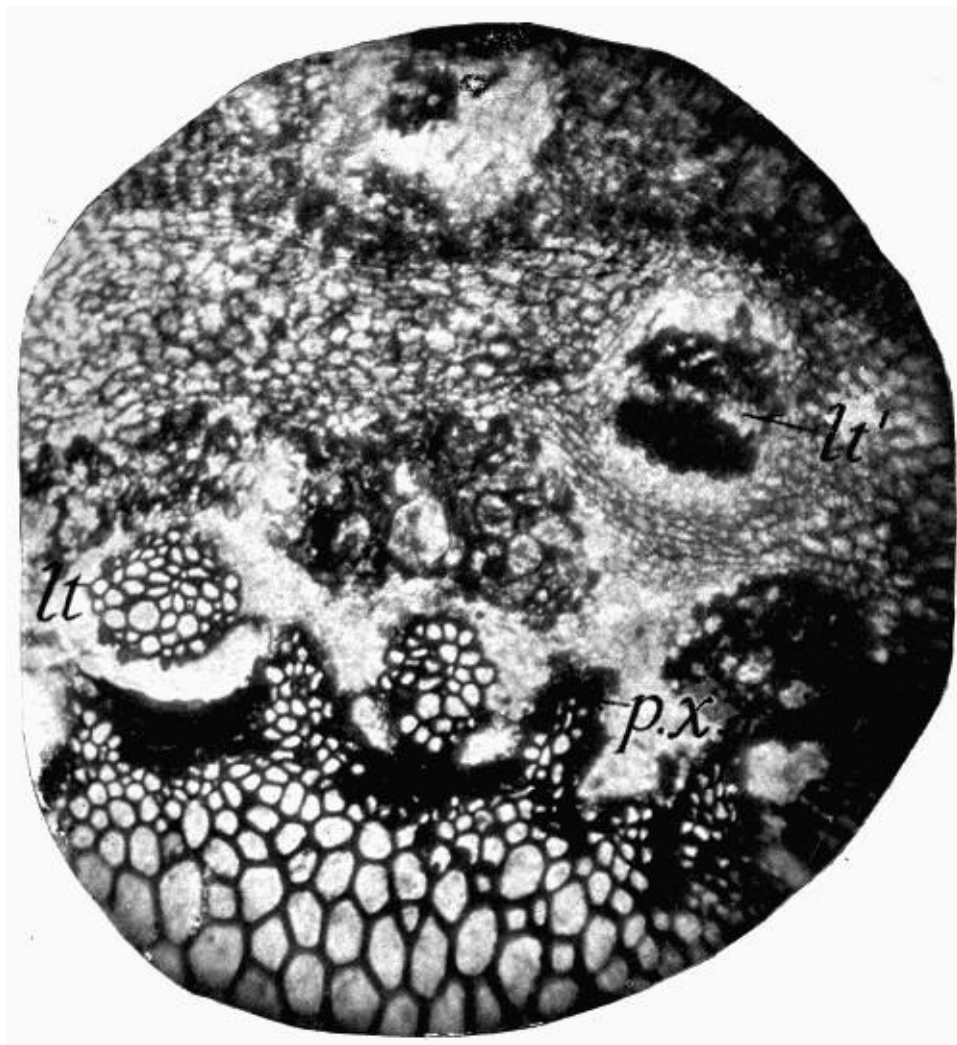


Рис. 97. Поперечное сечение внешней части первичной древесины *Lepidodendron*, показывающее *px*, выступающие группы протоксилемы; *lt*, листовые следы, идущий от стели и проходящий (как *lt*¹) через кору

О плодах *Lepidodendron* можно было бы сказать многое, если бы было место. Многие роды *Lepidodendron* имели несколько различных типов шишек разной степени сложности. У нескольких родов шишки были простыми по строению, непосредственно сопоставимыми с шишками современных плаунов, хотя и гораздо большего размера (см. [стр. 67](#)). В некоторых споры были однородными, все развивались одинаково в многочисленных тетрадах. Спорофилл был радиально удлинен, и вдоль него были прикреплены крупные соломинообразные спорангии () (см. [рис. 98](#)). Концы спорофиллов перекрывали друг друга и обеспечивали защиту спорангиям. Ось шишки имела центральную стелу с древесными элементами, подобными тем, что были в стебле. Внешний вид поперечного среза настоящего конуса показан на [рис. 99](#). Здесь спорангии имеют неправильную форму из-за их сжатия после созревания и во время окаменения. Другие конусы имели спорангии, схожие по размеру и форме, но производящие споры двух видов: крупные, образующиеся в результате созревания только двух или трех тетрад в нижних спорангиях, и многочисленные мелкие в спорангиях выше.

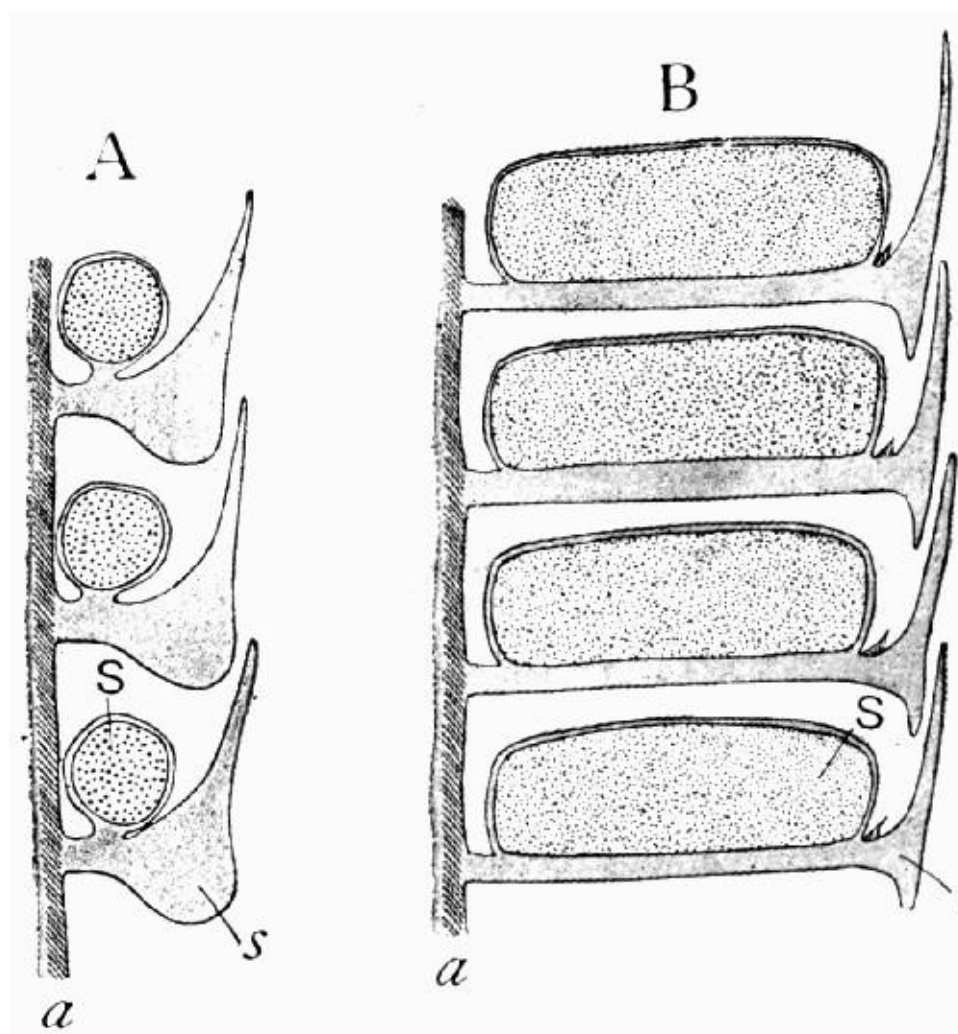


Рис. 98. Продольная схема, показывающая расположение удлинённых спорангиев на спорофиллах

a, главная ось, вокруг которой расположены спорофиллы; *S*, спорангий; *s*, листовидный конец спорофилла.

Сходство между *Lepidodendron* и современным конусом *Lycopod* уже было отмечено ([с. 67](#)), и именно оно является основной гарантией того, что они принадлежат к одному семейству, хотя размеры и развитие древесины палеозойских и современных растений сильно различаются.

К большой группе *Lepidodendra* относились некоторые виды, плоды которых настолько превосходили по своему строению простые спорангиальные шишки, описанные выше, что были очень близки к семенам. Этот тип был описан на [стр. 75](#), [рис. 54](#), в серии женских плодов, поэтому нет необходимости повторять его основную структуру.



Рис. 99. Поперечное сечение шишки *Lepidodendron*

А, главная ось с древесной тканью; st, стебли спорофиллов, разрезанные по косой продольной направлению; s, верхушки спорофиллов, разрезанные поперек; S, спорангии с несколькими группами спор. (Микрофотография.)

Разрез, показанный на [рис. 100](#), выполнен под прямым углом к тому, на котором показаны спорангии на [рис. 98](#), т. е. по касательной к оси. Примечательной особенностью растения является то, что вокруг спорангий, содержащих многочисленные мелкие споры (соответствующие пыльцевым зернам), были расположены оболочкоподобные лоскутки, подобные показанным на [рис. 100](#), sp. f.

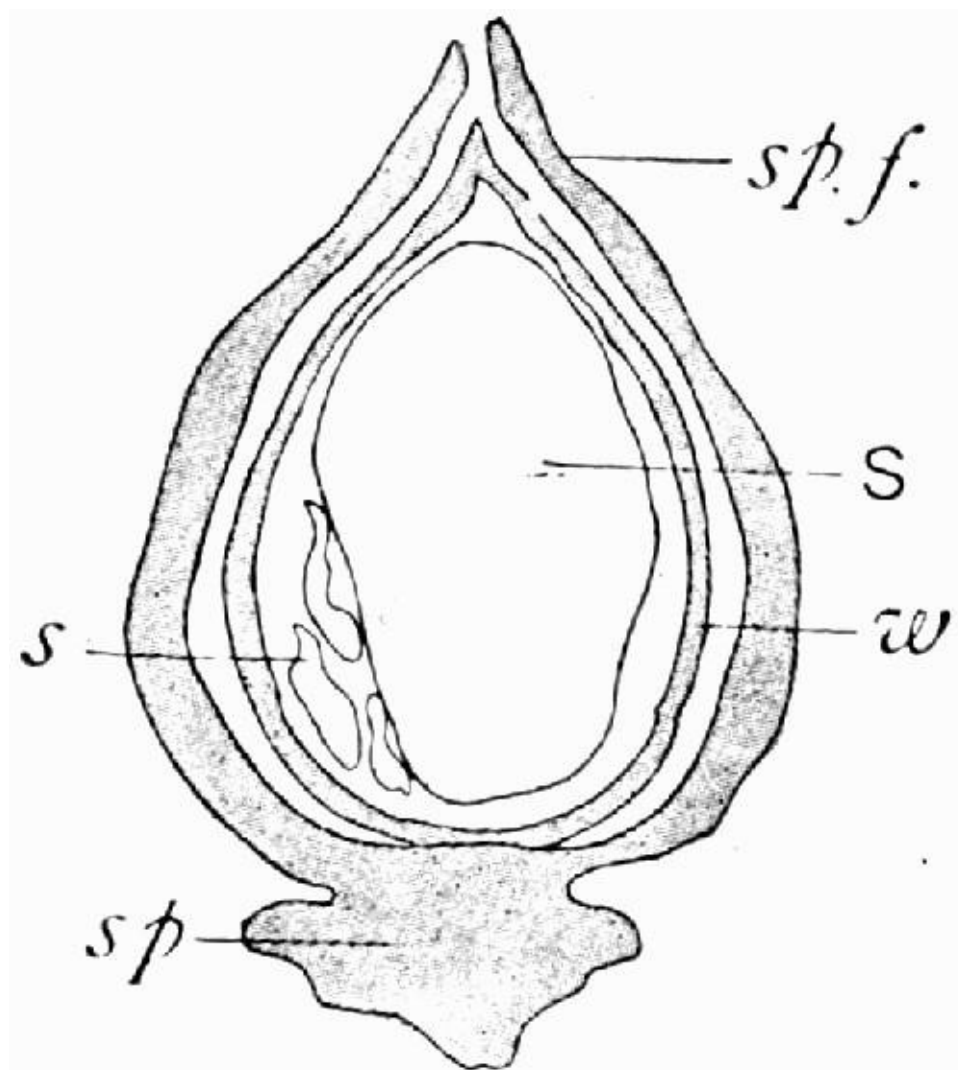


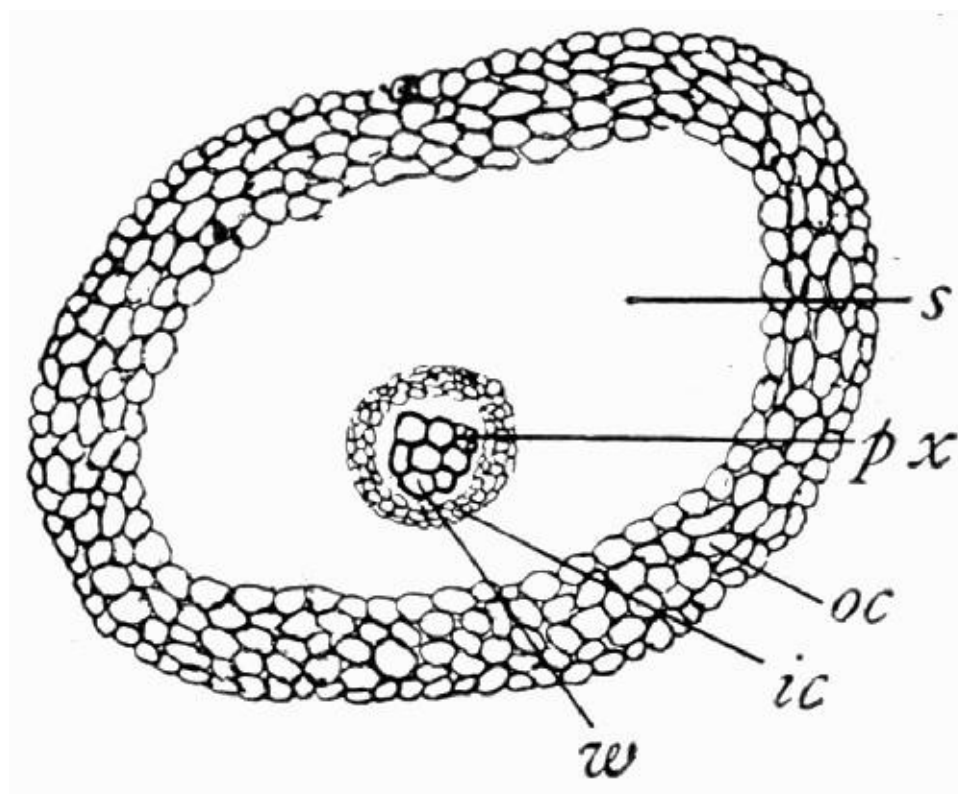
Рис. 100. — Разрез через один спорангий *Lepidocarpon*

sp, спорофилл; *sp.f.*, лоскутки спорофилла, защищающие спорангий; *S*, крупная спора внутри стенки спорангия; *s*, три неразвитых споры тетрады, к которой принадлежит *S*.

Этот тип плодоношения является наиболее близким к семенам и пыльцевым зернам из всех папоротниковых, и его появление в то время, когда ликопоиды были одним из доминирующих семейств, свидетельствует о том, какое влияние такая позиция оказывает на занимающие ее семейства, какими бы незначительными они ни были. Простые папоротниковые ликопоиды имели не только высокие стволы и прочную древесную структуру современного дерева, но и сходство с его семенами. До сих пор неясно, привела ли эта линия развития к появлению каких-либо высших семейств. Большинство специалистов считают, что нет, но есть и те, кто поддерживает точку зрения, что ликопоиды со временем эволюционировали и вошли в ряды высших растений, и действительно, между палеозойскими ликоподами и хвойными есть много поверхностных сходств. Однако, судя по

их внутренней структуре, серия, проходящая через папоротники и птеридоспермы, гораздо более убедительно ведет к семенным растениям.

Лепидодендроны также отличались своими корнями, или, вернее, подземными структурами, обычно называемыми корнями. Основание их стволов делилось еще более симметрично, чем их надземные ветви: было четыре основных больших раздела, каждый из которых делился на два, а те, в свою очередь, снова на два. Эти структуры назывались *стигматиями* и были общими для всех видов *Lepidodendron*, а также для группы *Sigillaria* (см. [рис. 102](#)). На этих горизонтально проходящих структурах (хорошо показанных на [фронтисписе](#)) по всей поверхности в большом количестве располагались небольшие придатки, которые по своей функции и микроскопической структуре были корневищами. Они оставляли круглые шрамы характерного вида на больших стволах, на которых они были единственными придатками. Эти шрамы хорошо видны на фрагментах вдоль уступа слева на фотографии. Точная морфологическая природа больших осей неизвестна; их анатомия не похожа на анатомию корней, а скорее на анатомию стебля, однако они не несут того, что развивается практически у каждого стебля, подземного или нет, а именно листья или чешуйки, представляющие собой редуцированные листья. Их природа уже была прокомментирована ранее ([с. 69](#)), и мы не можем обсуждать этот вопрос дальше, но должны довольствоваться тем, что рассматриваем их как форму корневого стебля, практически ограниченную ликоподами и в основном развитую среди палеозойских окаменелостей этой



группы.

Рис. 101. Поперечное сечение корневища *Stigmaria*

ос, внешняя кора; s, пространство; ic, внутренняя кора; w, древесина сосудистого пучка (сохранилась только древесина); рх, группа протоксилемы.

В микроскопической структуре корешки чрезвычайно хорошо известны, потому что в процессе роста они проникли в массы тканей других растений, которые окаменели, и окаменели вместе с ними. Масса разлагающихся растительных тканей, на которых процветали живые растения того периода (), была повсюду пронизана этими интрузивными корешками, и они были найдены окаменевшими внутри в остальном идеальных семян, в сердцевине древесных стеблей, в листьях и спорангиях, а иногда даже внутри друг друга! [На рис. 95](#) показан такой корень, лежащий в пространстве, оставленном разложением мягких тканей внутренней коры в иначе прекрасно сохранившемся стебле *Lepidodendron* (см. также [рис. 101](#)). На [рис. 101](#) видна их простая структура. Они часто имеют чрезвычайно нерегулярную форму, поскольку, по-видимому, скручивались и сплющивались, чтобы вписаться в ткани, которые они проникали. По-видимому, в этих корешках не развились корневые волоски, но в остальном их структура типична для простых корней и очень похожа на проникающие в болото корешки живых *Isoetes*.

Стигмарийные оси и их корешки очень часто встречаются в «подглинистых» и «ганнистовых» слоях, лежащих под угольными пластами (см. [стр. 25](#)), и иногда их можно увидеть прикрепленными к кусочку ствола, растущему вверх через слои. Они и воздушные стебли *Lepidodendron*, пожалуй, являются самыми распространенными и широко известными ископаемыми растениями.

Прежде чем покинуть палеозойских ликоподиев, необходимо упомянуть еще один род, который также широко распространен и важен, хотя и менее известен, чем его современник. Род *Sigillaria* наиболее известен по отпечаткам и слепкам стеблей, покрытых рубцами от листьев. Стебли иногда были глубоко ребристыми, а рубцы от листьев были расположены рядами и имели более или менее шестиугольную форму, как показано на [рис. 102](#), где представлен слепок и его обратная сторона стебля типичного *Sigillaria*.

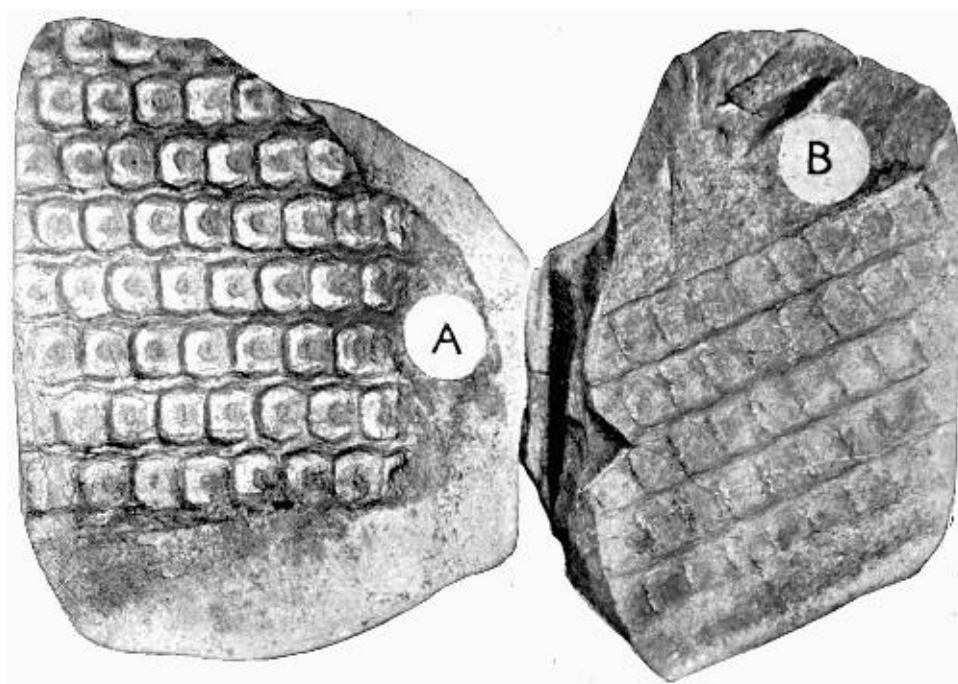


Рис. 102. — Отпечаток и обратная сторона листовых рубцов *Sigillaria*. На рисунке А четко видна форма оснований листьев, центральные отметины на каждом из них — рубцы сосудистого пучка и парихноса.

По своей первичной древесине *Sigillaria* отличалась от *Lepidodendron* тем, что была более отдалена от типа с первичной твердой стелой. Ее древесная структура представляла собой кольцо, в некоторых случаях неравномерно разбитое на серповидные пучки. Вторичная древесина была очень похожа на древесину *Lepidodendron*.

Стигмария и ее корешки принадлежат в равной степени обоим растениям, и до сих пор невозможно сказать, принадлежал ли какой-либо конкретный образец *стигмари* к *Lepidodendron* или к *Sigillaria* (). Между этими двумя родами, безусловно, существовала ближайшая родственность и сходство во внешнем виде.

Эти два рода представляют собой вершину развития семейства *Лусород*. В нижнем мезозое еще встречаются некоторые крупные формы, но на протяжении всего мезозойского периода эта группа сокращалась, и в третичном периоде о ней мало что известно, и, по-видимому, она заняла ту отступающую позицию, которую занимает сегодня.

ГЛАВА XV

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СЕМЕЙСТВ

VIII. Хвощи

Современные хвощи относятся к одному роду, *Equisetum*, виды которого отличаются между собой очень небольшим сходством. Большинство видов любят болотистую местность и даже растут, стоя в воде, но некоторые живут на сухой глине вспаханных полей. Где бы они ни росли, они обычно собираются в больших количествах и образуют небольшие рощи. Их легко узнать по тонким стеблям, ветвящимся как бутылочная щетка, и маленьким листьям, расположенным вокруг них мутовками, с узкими зубцами, соединенными в кольцо у основания. На конце некоторых ветвей находятся шишки с компактно расположенными простыми спорофиллами одного вида. В Англии большинство растений этого семейства достигают в высоту всего нескольких дюймов или футов, хотя один вид иногда достигает 6 футов, а в Южной Америке есть рощи растений с нежными стеблями высотой 20 футов.

Ребристые стебли и мутовки мелких, мелкозубчатых листьев являются наиболее важными внешними характеристиками растений, в то время как в их внутренней анатомии полые стебли имеют очень мало древесины, которая расположена в виде ряда небольших пучков, каждый из которых связан с полым каналом в основной ткани.

Это семейство отличается от всех других, и даже между ним и группой плаунов, кажется, существует большой разрыв, через который не простираются никакие узы родства. Всегда ли эта группа находилась в подобном положении и стояла в изоляции в затоне потока растительной жизни?

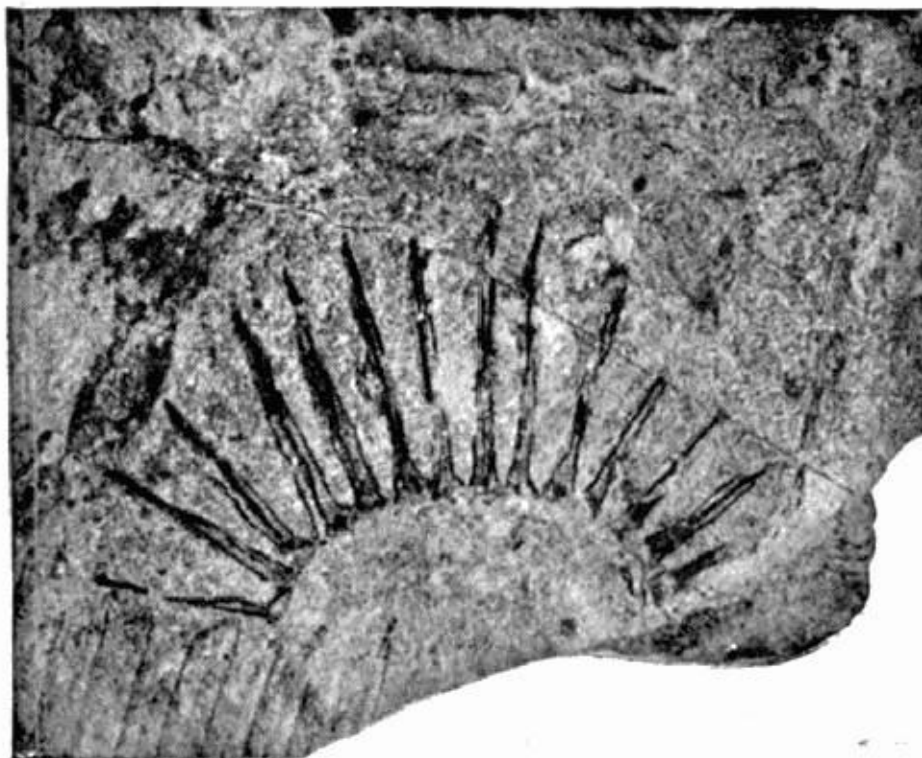


Рис. 103. Отпечаток мутовки листьев *Equisetites* из мезозойских пород, показывающий узкую зубчатую форму листьев. (Фото.)

В позднем третичном периоде они, по-видимому, занимали примерно такое же положение, как и сейчас, и мы не узнаем о них ничего нового из пород того возраста. Однако когда мы переходим к мезозою, представители этого семейства становятся больше по размеру, хотя (судя по их внешнему виду) они практически не отличаются от ныне живущих во всех своих особенностях. В некоторых слоях их отпечатки очень многочисленны, но, к сожалению, в большинстве случаев без каких-либо признаков внутренней структуры. Окаменелости из мезозойской эпохи называются *Equisetites*, что указывает на то, что по своим характеристикам они очень близки к современным. В нижнем мезозое некоторые из этих стеблей, по-видимому, достигали больших размеров — около двух футов в окружности, но не имели существенных отличий от других представителей этой группы.

Однако, когда мы переходим к палеозойским породам, мы находим много образцов с сохранившейся структурой, и сразу же оказываемся в совершенно иной ситуации в отношении этого семейства.

Сначала в пермском периоде мы встречаем важный род растений из отряда папоротникообразных (), называемый *Calamites*, которые были очень распространены в угольных отложениях. Многие из *Calamites* были больших размеров, так как были найдены экземпляры с большими стволами длиной 30 футов и более, которые, когда росли, наверняка были гораздо выше. Число особей также должно было быть очень большим,

поскольку слепки и отпечатки этого рода являются одними из самых распространенных окаменелостей. Фактически, они были одной из доминирующих групп того периода. Как и ликоподы, Equisetaceae достигли пика своего развития в каменноугольном периоде; в то время эти растения были наиболее многочисленными, крупными и имели наиболее сложную структуру, которую они когда-либо достигали.

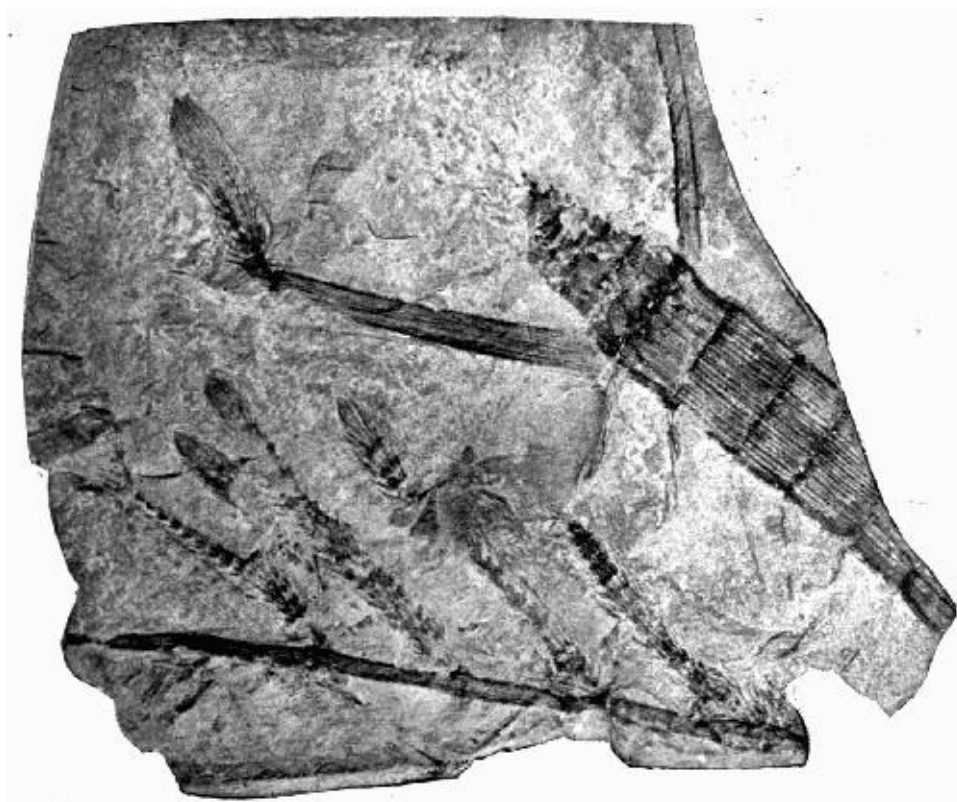
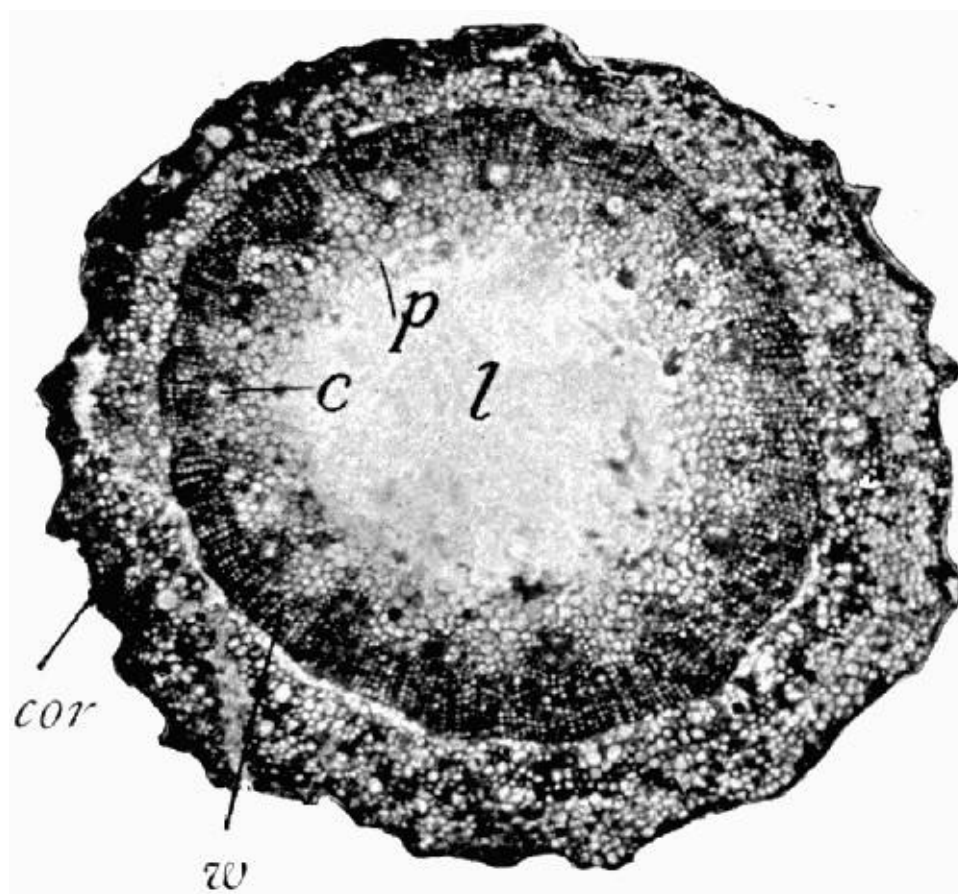


Рис. 104. — Небольшие ветви, прикрепленные к более толстой оси *каламитов*. Фотография оттиска

Как можно сразу предположить по аналогии с ликоподами, они отличались от современных представителей семейства сильно развитой анатомией, а также прочностью и количеством вторичной древесины. Тем не менее, по внешнему виду они, вероятно, во всех основных чертах напоминали современный род, а рощи более крупных современных видов, растущих на болотах, вероятно, выглядят так, как выглядели бы палеозойские растения, если бы на них смотреть через обратный бинокль.

[На рис. 104](#) представлена фотография некоторых мелких ветвей каламита, на которой можно увидеть ребристый стебель, а на мелких боковых веточках — тонкие заостренные листья, расположенные мутовками.

Однако в большинстве ископаемых образцов, особенно в более крупных, ребра не являются ребрами настоящей поверхности, а являются ребрами, отмеченными на *внутреннем* слепке



сердцевины.

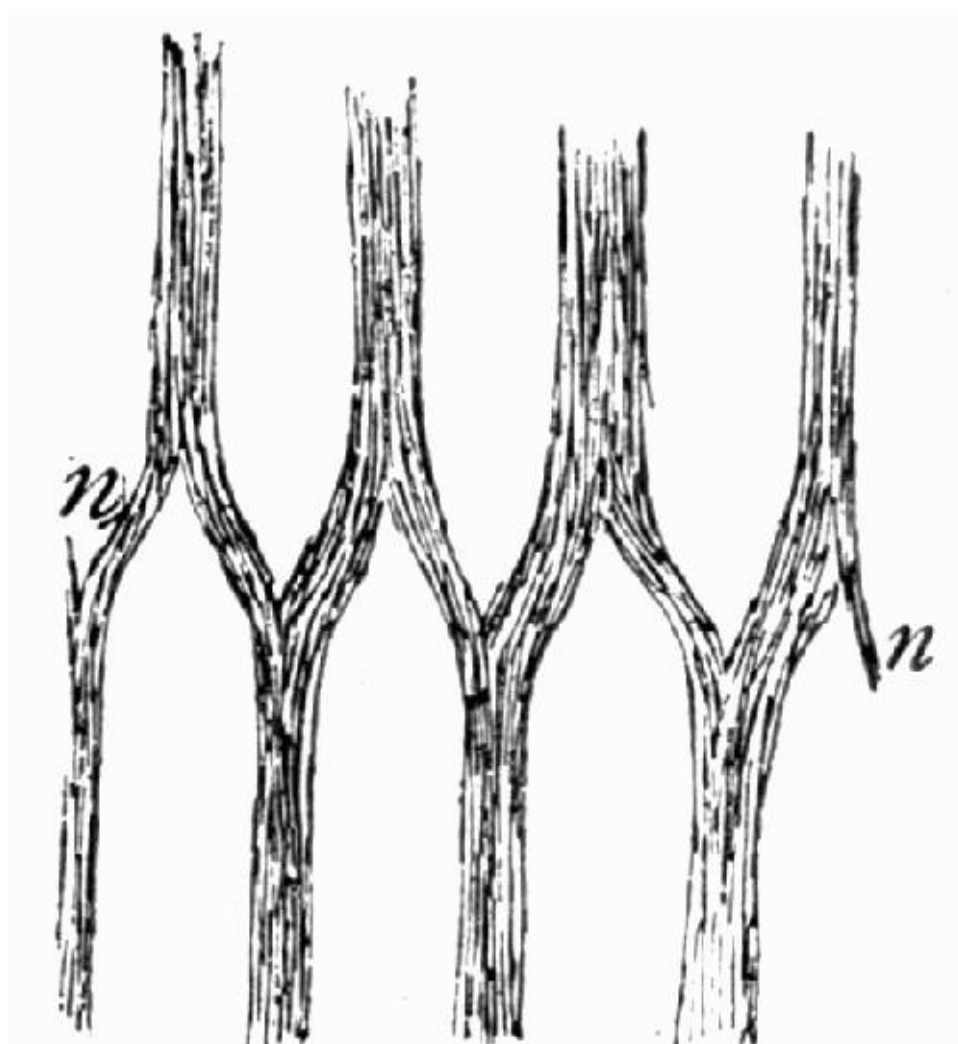
Рис. 105. Поперечное сечение стебля *каламита* с вторичной древесиной *w*, образованной в виде регулярных радиальных рядов в виде сплошного кольца

c, каналы, связанные с первичными пучками; *p*, клетки сердцевины, которая является полый с полостью *l*, *cor*, кора и наружные ткани хорошо сохранились. (Микрофотография.)

Среди окаменелых тканей есть много стеблей *каламита* на разных стадиях роста. В очень молодых стеблях есть только первичные пучки, и эти маленькие стебли по своей анатомии похожи на стебли живого хвоща, имеют полый сердцевинный канал и небольшие сосудистые пучки с связанными каналами. Однако ископаемые формы вскоре начали вырабатывать вторичную древесину, которая развивалась регулярными радиальными рядами из камбия за первичными пучками и соединялась в полное кольцо.

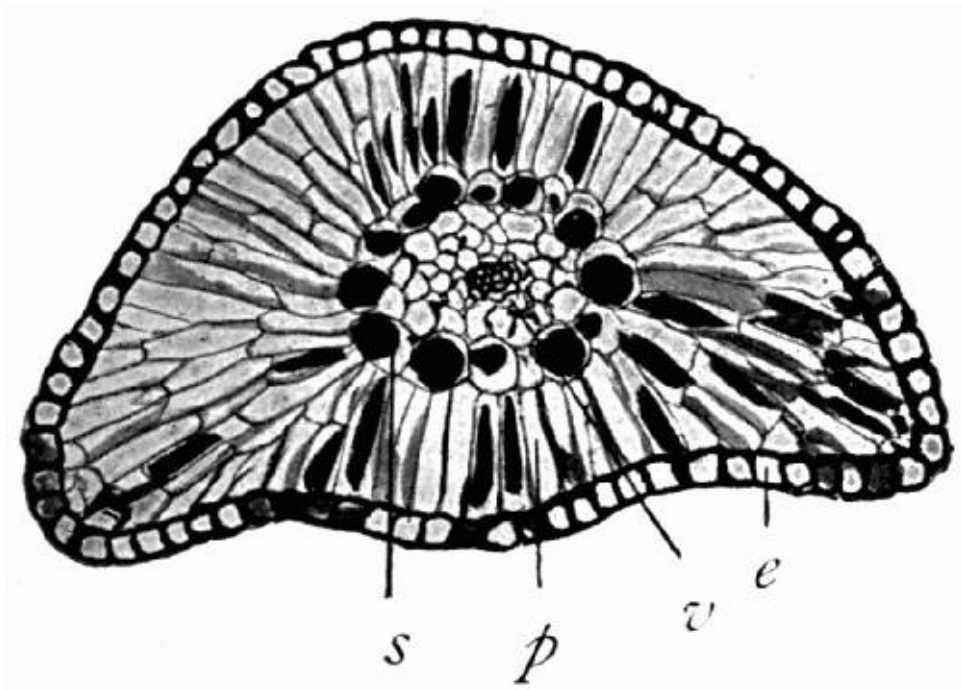
Стебель на этой стадии развития показан на [рис. 105](#), где сохранились только древесина и внутренние ткани. Четко видны очень характерные каналы, связанные с первичными

пучками. Количество вторичной древесины () неуклонно увеличивалось по мере роста стеблей (по-видимому, не было «годовых колец»), пока не образовалось очень большое количество вторичной ткани регулярной текстуры, через которую проходили небольшие медуллярные лучи, так что стебли по мере старения становились все более похожими на стебли высших растений. Именно первичная структура является важным фактором при рассмотрении их сходства, и она по сути такая же, как и у других членов семейства, у которых вторичное утолщение не развито. Как мы уже видели в других группах ископаемых, вторичная древесина, по-видимому, развивается по аналогичным принципам () всякий раз, когда это необходимо в любой группе, и поэтому имеет лишь небольшую ценность как показатель систематического положения. Однако этот важный факт был



осознан только в результате изучения ископаемых растений.

Рис. 106. — Схема расположения пучков в узле *каламита*, показывающая, как пучки последовательных междоузлий чередуются



n, область узла

Рис. 107. Лист *каламита* в поперечном сечении

v, сосудистые пучки; *s*, клетки оболочки, заполненные почерневшим содержимым; *p*, клетки палисада; *e*, эпидермис.

Продольный разрез стеблей, сделанный по касательной, очень характерен, так как пучки идут прямо вниз к каждому узлу и там разделяются, соседние половинки соединяются так, что пучки каждого узла чередуются с пучками выше и ниже него (см. [рис. 106](#)).

Листья, которые были прикреплены к узлам, были, естественно, намного больше, чем у современных хвощей, хотя они были такими же простыми и неразделенными. Их анатомия сохранилась в ряде случаев (см. [рис. 107](#)) и была простой, с одной небольшой полоской сосудистой ткани, расположенной в центре. Они имели определенные крупные клетки, иногда очень черные в окаменелостях, которые, возможно, были заполнены слизью.

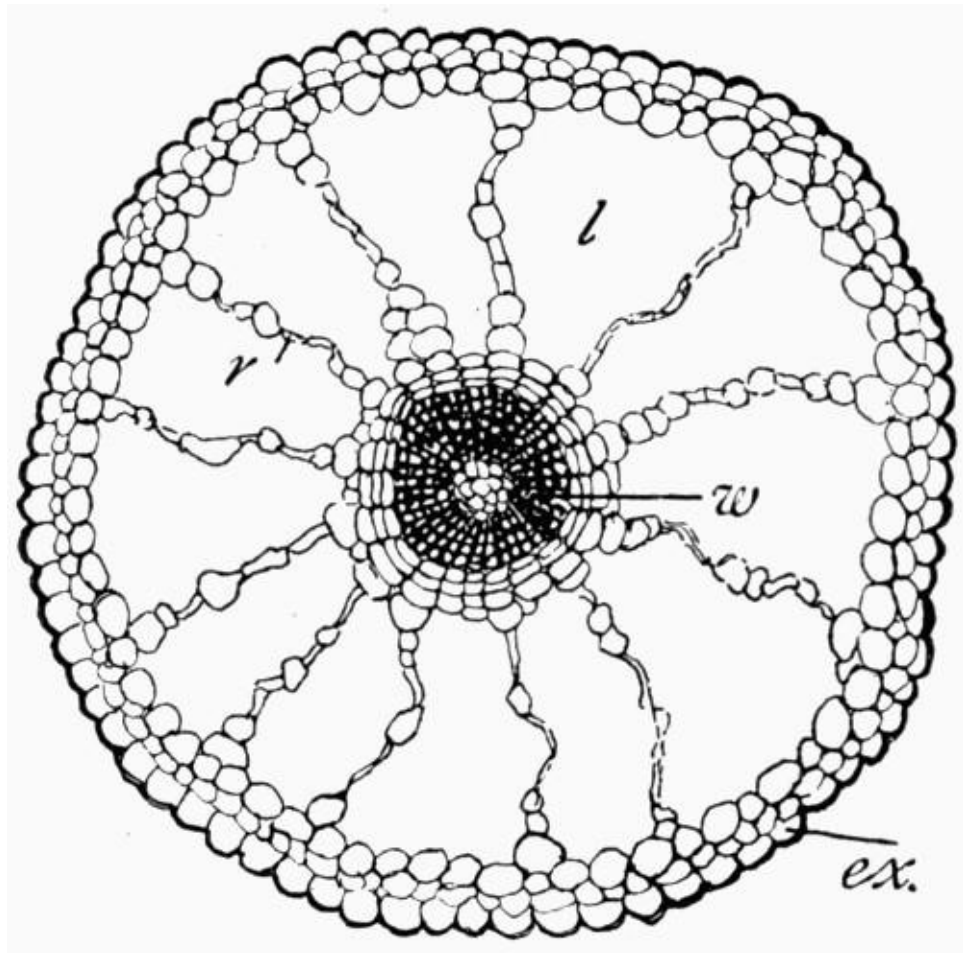


Рис. 108. Поперечное сечение молодого корня *Calamites*

w, древесина оси; l, пространства в лакунарной коре, чьи радиальные нити r несколько раздавлены; ex, самые наружные клетки коры с утолщенной стенкой.

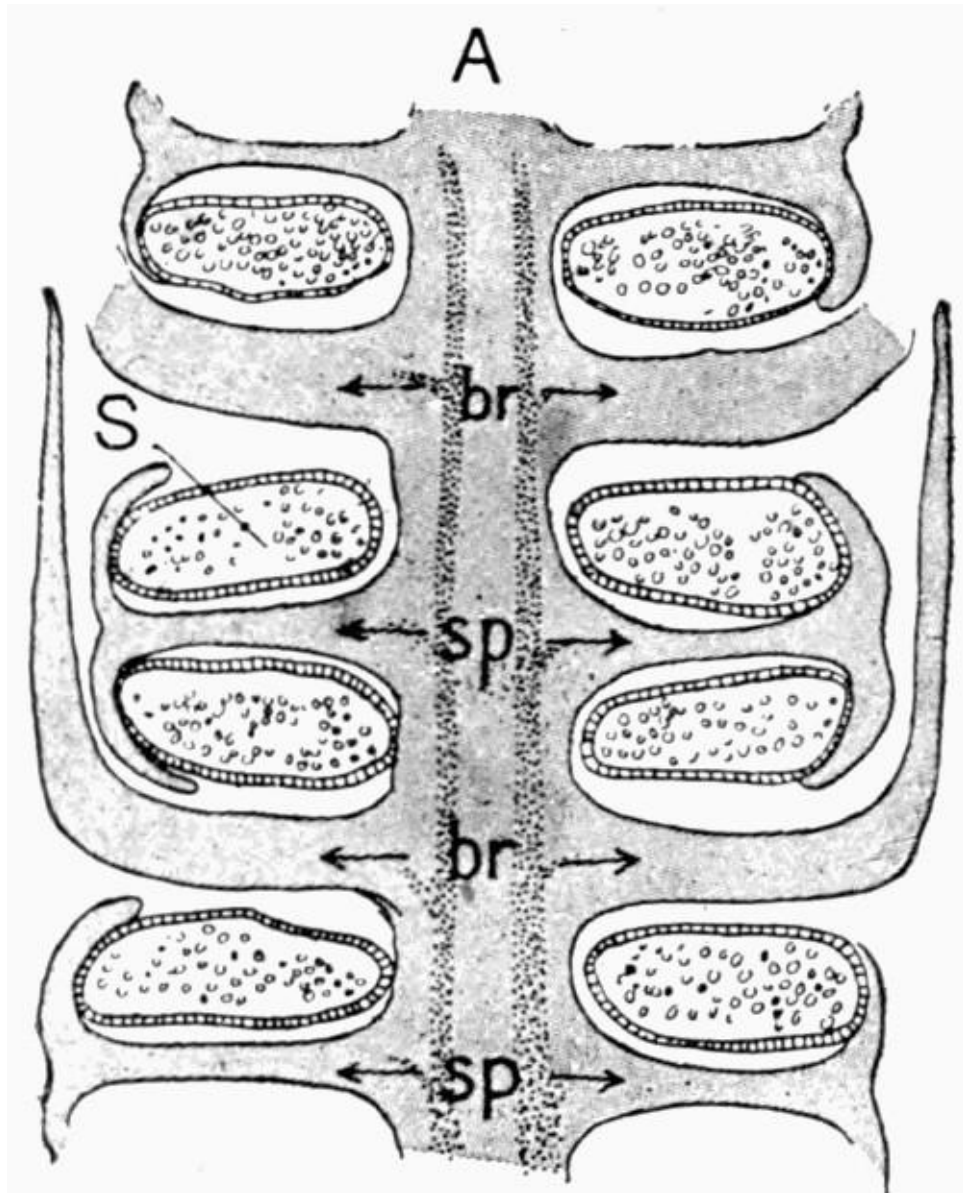


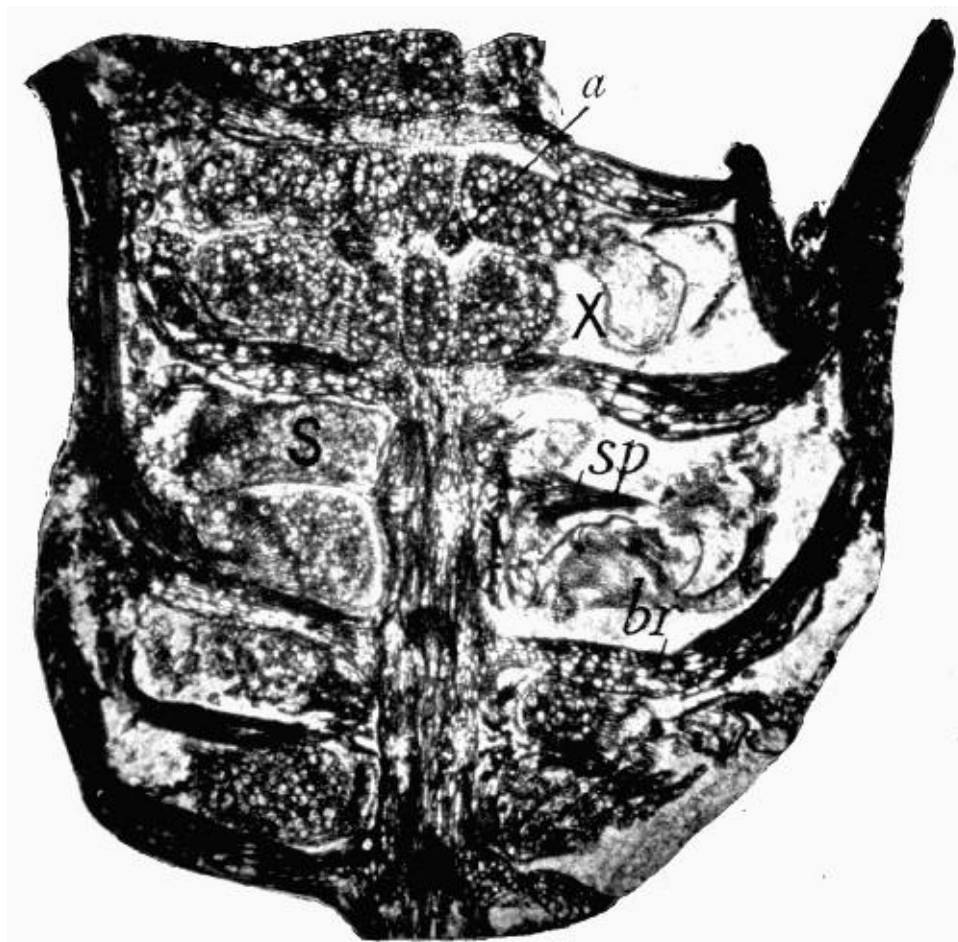
Рис. 109. — Схема шишки каламита

А, главная ось; *br*, стерильные прицветники; *sp*, спорофиллы с четырьмя спорангиями *S*, прикрепленными к каждому, из которых видны только два.

Молодые корни этих растений имеют очень характерную кору, состоящую из клеток, свободно соединенных между собой в виде кружева, с большими воздушными пространствами, так что по своему внешнему виду они очень похожи на водные растения (см. [рис. 108](#)). Действительно, они настолько отличаются от старых корней и стеблей, что долгое время назывались другим именем и считались погруженными в воду стеблями, но теперь их связь с *Calamites* совершенно очевидна. По мере развития их древесной оси вторичная ткань увеличивается и отталкивает кружевную кору, и корни становятся очень похожими по своей анатомии на стебли. Оба имеют схожие зоны вторичной древесины, но

корни не имеют тех первичных каналов, которые так характерны для стеблей, и благодаря этому их можно легко отличить от них.

Плоды *Calamites* не отличались от плодов современных видов этого семейства, хотя в некоторых отношениях были немного более сложными (). Вокруг каждой оси конуса развивались кольца спорофиллов, которые чередовались со стерильными оболочечными прицветниками. Каждый спорофилл имел форму небольшого зонтика с четырьмя спицами и располагался под прямым углом к оси, неся спорангий на каждой из спиц. Схема этого



расположения показана на [рис. 109](#).

Рис. 110. — Продольный разрез части шишки *каламита*

br, стерильные прицветники, прикрепленные к оси; *sp*, крепление спорофиллов; *S*, спорангии. В точке *X* видна группа из четырех спорангий вокруг спорофилла, который виден в *точке a*. (Микрофотография.)

Фотография реального сечения такого конуса, прорезанного слегка косо по длине оси, показана на [рис. 110](#), где верхние группы спорангиев прорезаны по касательной и показывают их группировку вокруг спорофилла, к которому они прикреплены.

Несколько отдельных тетрад спор увеличены на [рис. 111](#), где видно, что крупные споры имеют одинаковый размер, но мелкие споры тетрад () очень нерегулярны. Они являются абортированными членами тетрады и, по-видимому, были использованы в качестве пищи другими спорами. В каждой спорангии развивается большое количество таких тетрад, и все зрелые споры, по-видимому, имеют одинаковый размер.

У вида *Calamites* (*C. casheana*), в остальном очень похожего на обычный вид, который мы рассматривали, существует явное различие в размерах спор из разных спорангиев. Однако маленькие споры были только примерно в три раза меньше по диаметру, чем большие, так что разница была гораздо менее заметной, чем между маленькими и большими спорами ликоподиев.

Среди палеозойских представителей этой группы есть другие роды, близко родственные *Calamites*, но отличающиеся от него в некоторых деталях. Одним из них является *Archæocalamites*, который имеет конус, почти идентичный конусу современных *Equisetums*, так как у него нет стерильных прицветников, смешанных с зонтикообразными спорофиллами. Другие роды более сложны, чем описанные для *Calamites*, и даже у простого конусообразного *Archæocalamites* листья мелко разветвлены и разделены, а не являются простыми чешуйками.

Но ни один род не известен так хорошо, как *Calamites*, который сам по себе может служить иллюстрацией палеозойских *Equisetaceæ*. Хотя этот род, как было указано выше, имеет несколько важных признаков, отличающихся от признаков *Equisetum* и в некоторой степени схожих с признаками палеозойских *Lycopods*, эти особенности носят скорее физиологический, чем систематический характер и не проливают света на происхождение семейства или его связь с другими *Pteridophytes*. Именно в вымершем семействе, рассматриваемом в следующей главе, мы находим то, что некоторые считают ключом к решению этих проблем.

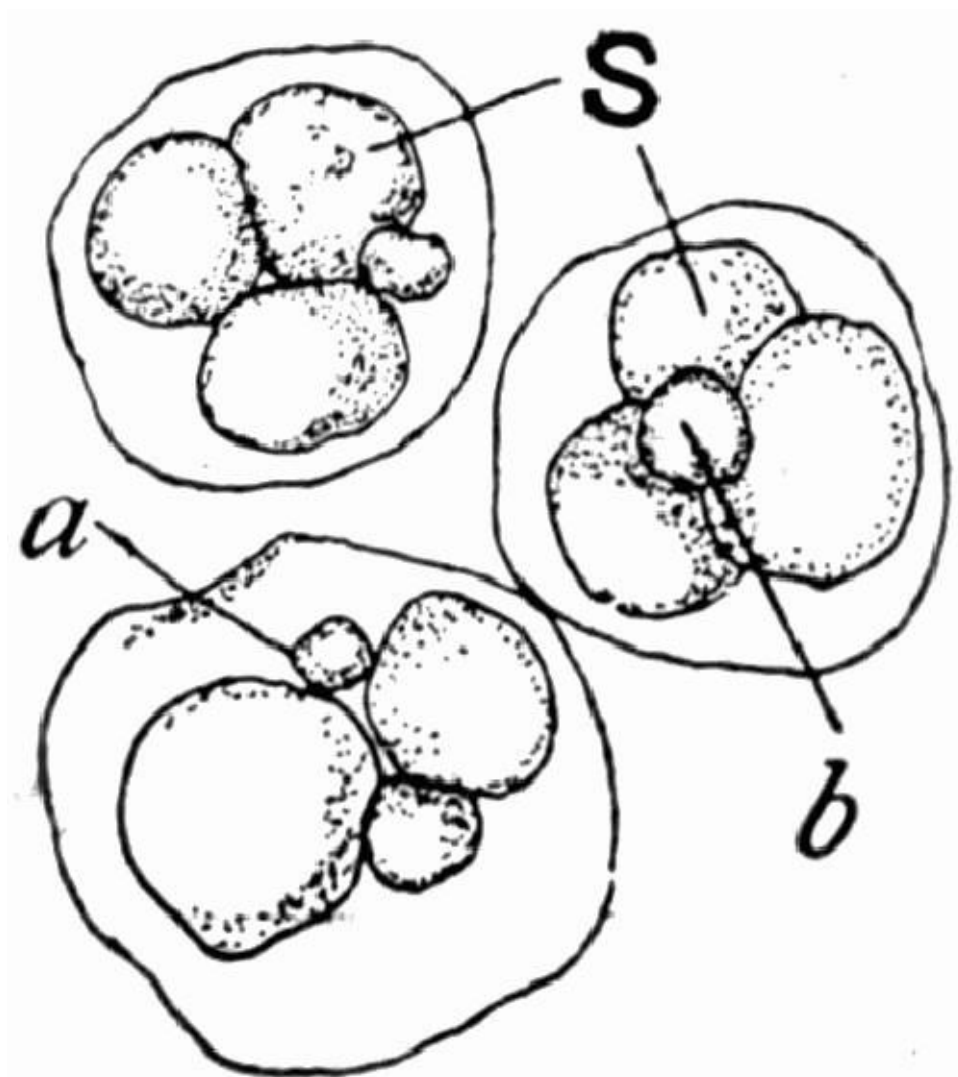


Рис. 111. — Тетрады спор *Calamites*

S, споры нормального размера; a, b и c, неразвитые споры.

ГЛАВА XVI

ИСТОРИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СЕМЕЙСТВ

IX. *Sphenophyllales*

Группа, к которой принадлежит *Sphenophyllum*, представляет значительный интерес и имеет большое значение, а кроме того, является одним из тех вымерших семейств, о существовании которых никогда бы не догадались, если бы их не обнаружили ботаники-палеонтологи. Это семейство не только вымерло в целом, но и имеет анатомические особенности, которые не имеют аналогов среди современных растений. *Sphenophyllum* вымерло в палеозойскую эпоху, но интерес к нему остается очень реальным и живым и сегодня, и в особенностях его строения мы видим первую зацепку, которая указывает на общего предка все еще существующих групп *Lycopods* и *Equisetaceae*, которые сейчас стоят так изолированно и далеко друг от друга.

Однако прежде чем рассматривать родство этой группы, мы должны описать строение типичного растения, принадлежащего к ней. Род *Sphenophyllum* включает в себя несколько видов (для которых нет общепринятых английских названий, так как они известны только науке), различия между которыми менее важны, чем их сходства, поэтому будет описан только один вид, *S. plurifoliatum*.

Мы имеем общее представление о внешнем виде *Sphenophyllum* благодаря многочисленным отпечаткам листьев, прикрепленных к веточкам, которые были найдены в скалах каменноугольного периода. Эти отпечатки очень разнообразны, но все они имеют довольно тонкие стебли с мутовками листьев, прикрепленными через равные промежутки. Образцы обычно легко распознать по форме листьев, которые похожи на широкие клинья, прикрепленные к вершине (см. [рис. 112](#)). В некоторых случаях листья более мелко разделены и менее веерообразны, и может даже случиться, что на одной и той же ветке некоторые могут быть клиновидными, как на [рис. 112](#), а другие — почти волосовидными. Это, естественно, наводит на мысль о сравнении с водными растениями, которые имеют мелко разделенные подводные листья и расширенные надводные. Однако в случае *Sphenophyllum* разделенные листья иногда появляются на верхних концах стеблей, довольно близко к шишкам, и поэтому вряд ли могут быть листьями подводной части. Очень тонкие стебли и некоторые особенности их внутренней анатомии позволяют предположить, что растение было ползучим, опирающимся на более крепкие стебли других растений.



Рис. 112. Отпечаток листьев *Sphenophyllum*, прикрепленных к стеблю, с клиновидными листочками, расположенными мутовками

Стебли были ребристыми, но в отличие от стеблей *Calamites*, ребра шли прямо вниз по стеблю через узлы и не чередовались там, так что пучки в узлах не ветвились и не срастались, как у *Calamites*.

Внешний вид длинных тонких шишек был похож на шишки *Calamite*, хотя их внутреннее строение имело важные отличия.

По одной заметной внешней черте эти растения отличались от растений двух последних рассмотренных групп, а именно по *размеру*. Палеозойские ликопоиды и хвощевые достигали размеров больших деревьев, но до сих пор не было обнаружено ни одного древовидного вида *Sphenophyllum* (), а в окаменелостях, сохранивших структуру, самые крупные стебли, о которых нам известно, имели диаметр менее одного дюйма.

Внутренняя анатомия этих стеблей представляет собой одну из главных особенностей и предметов интереса этих растений. На самой ранней стадии развития в центре находился остrokонечный твердый треугольник из дерева ([рис. 113](#)), на каждом углу которого располагалась группа маленьких клеток, протоксилем. Структура такого ствола похожа на структуру корня, в котором первичная древесина растет изнутри от протоксилема к центру, и если бы у нас были только эти изолированные молодые стволы, было бы невозможно распознать их истинную природу.

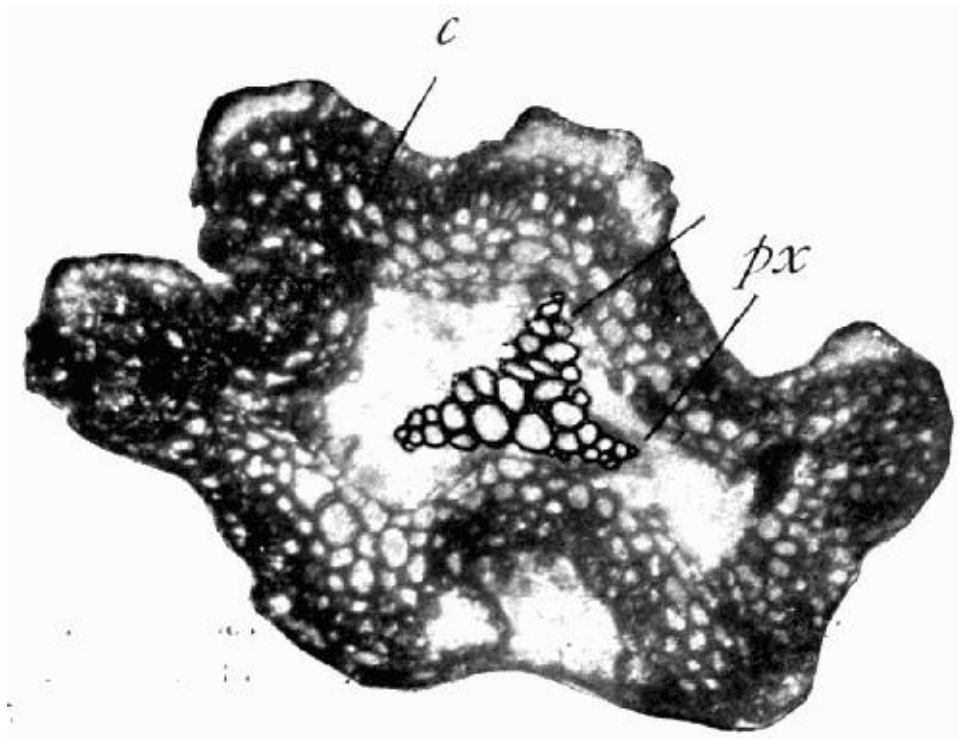


Рис. 113. — *Сфенофиллум*, поперечное сечение молодого стебля

с, кора, мягкая ткань внутри которой разложилась и оставила пространство, в котором лежит твердый треугольник древесины с небольшими группами протоксилем *рх* в каждом углу. (Микрофотография.)

Такие очень молодые стебли встречаются редко, поскольку развитие вторичной древесины началось рано и вскоре значительно превысило количество первичной древесины. На [рис. 114](#) показана фотография стебля, в котором хорошо развита вторичная древесина. Первичный треугольник древесины все еще виден в центре и соответствует тому, что показано на [рис. 113](#), а к нему плотно примыкают отсеки первой сформировавшейся вторичной древесины, что делает древесную массу примерно круглой. Вне этого вторичная древесина образует правильный цилиндр вокруг оси, на котором нет признаков годовых колец. Клетки древесины крупные и имеют примерно квадратную форму, а в углах, образованных соединением каждой четырех клеток, находится группа мелких тонкостенных паренхимных клеток, см. [рис. 115](#). В дереве нет радиальных лучей, проходящих по всей толщине (), как это наблюдается во всех других зонах вторичного дерева, и по такому расположению мягких тканей эти растения являются уникальными.

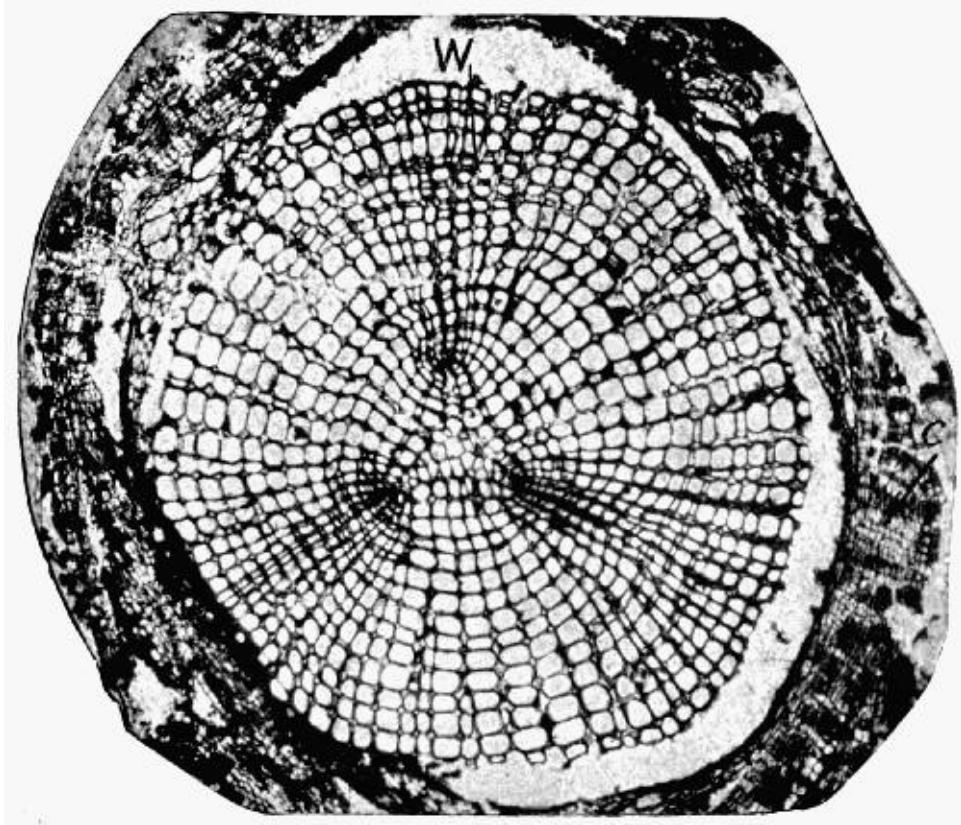


Рис. 114. — *Sphenophyllum*, поперечное сечение с вторичной древесиной W. В точке с видна пробковая ткань.
(Микрофотография.)

За древесиной находилась зона мягких тканей и флоэмы, которая не часто сохраняется, а снаружи — пробка, которая добавлялась к кортикальным тканям по мере роста стебля (см. [рис. 114, с](#)).

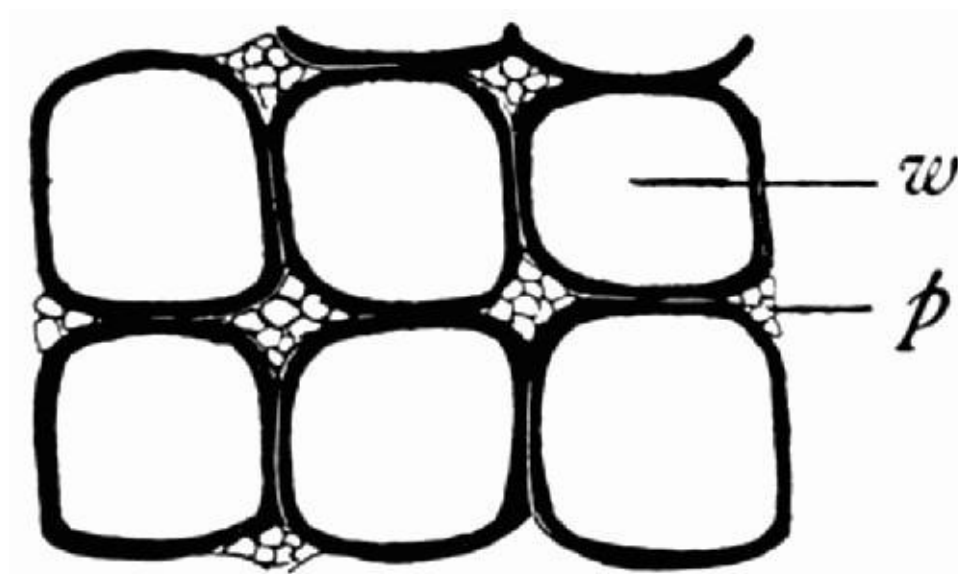


Рис. 115. Группа древесных клеток *w*, показывающая их форму и небольшие мягкостенные клетки в углах между ними *p*

Окаменелые остатки листьев и корней встречаются редко, и оба эти типа известны в основном благодаря работам французского палеоботаника Рено. Листья примечательны прежде всего полосами склерозированной укрепляющей ткани и, как правило, имели структуру надземных, а не подводных листьев. Корни были простыми по структуре, и, как у *Calamites*, имели вторичную ткань, подобную той, что была в стеблях.

В случае плодоношения наиболее информативные образцы были получены из английского материала. Шишки были длинными и тонкими, снаружи покрытыми плотно расположенными кончиками чешуек, которые глубоко перекрывали друг друга. Между мутовками чешуек находились спорангии, прикрепленные к их верхней стороне тонкими стебельками. Диаграмма лучше всего объяснит, как они были расположены (см. [рис. 116](#)). К каждому прицветнику было прикреплено по два спорангия, но их стебли были разной длины, так что один спорангий располагался ближе к оси, а другой — дальше от нее, ближе к верхушке прицветника.

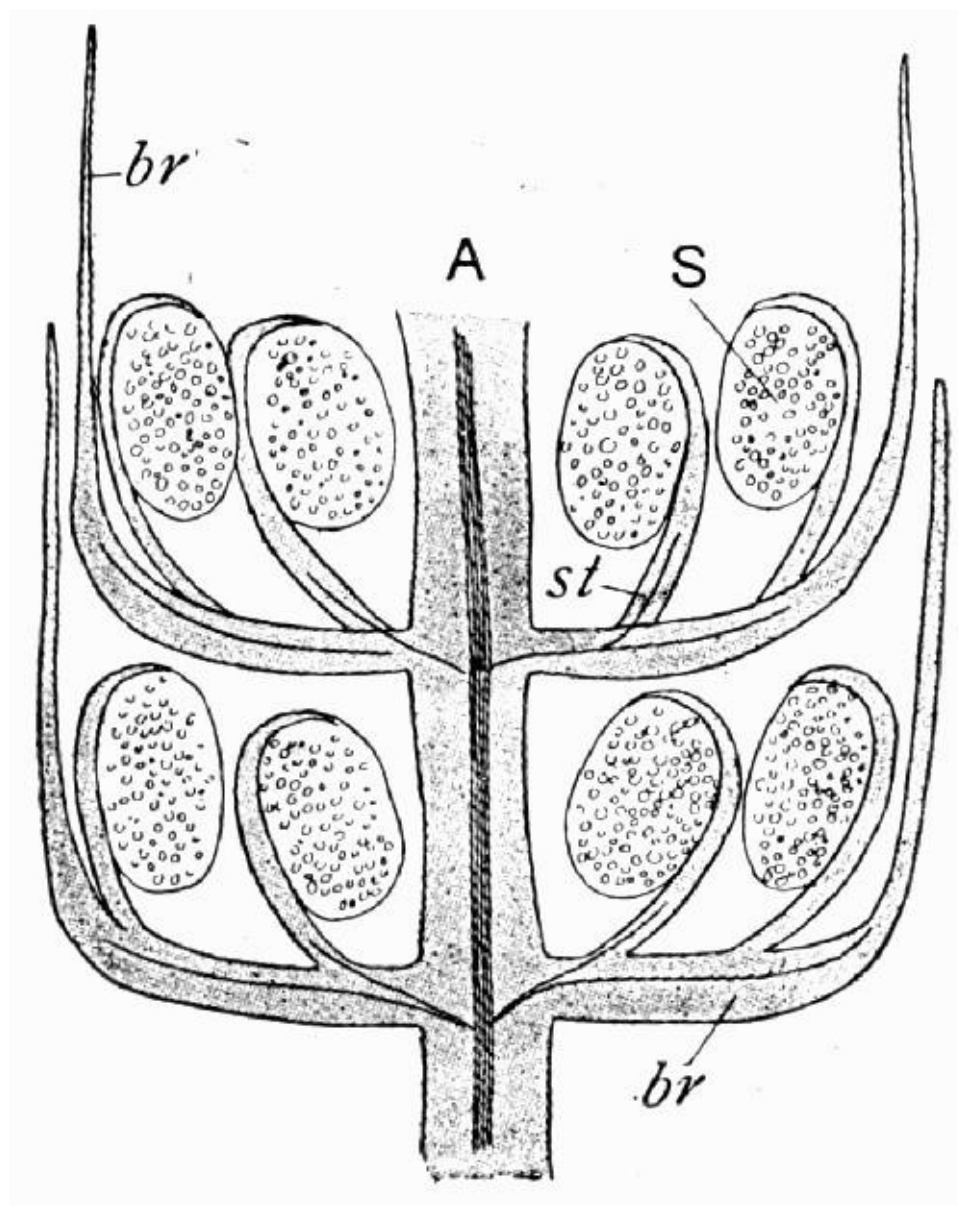


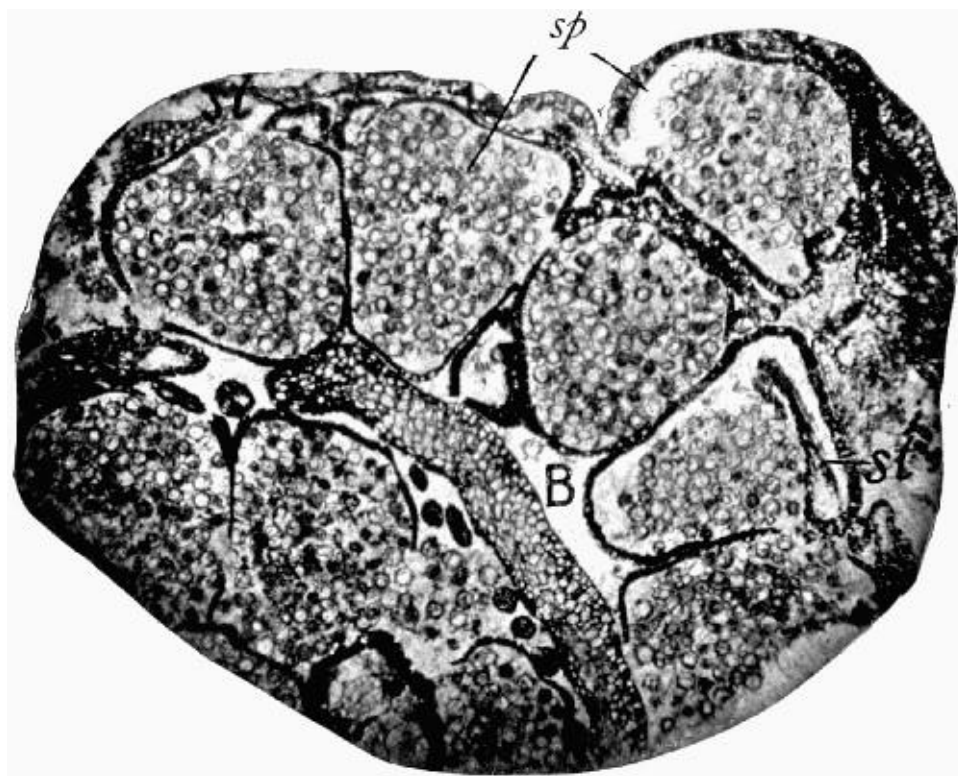
Рис. 116. Схема расположения чешуек и спорангиев в шишках *Sphenophyllum*

A — ось; br — прицветник; S — спорангий с ножкой st.

По своей анатомии стебель шишки имеет некоторые особенности, сходные с особенностями собственно стебля, которые были одними из первых признаков, приведших к открытию того, что шишка принадлежит *Sphenophyllum*. В каждом из спорангиев находилось множество спор, которые при созревании имели оболочку, украшенную маленькими шипами (это можно увидеть, если рассмотреть [рис. 117](#) под лупой). До сих пор известны только споры одинакового размера, и нет никаких доказательств того, что существовала какая-либо дифференциация на мелкие (мужские) и крупные (женские) споры, как это было

обнаружено у некоторых *Lepidodendrons*. В этом отношении *Sphenophyllum* был менее специализирован, чем *Lepidodendron* или *Calamites*.

В реальных срезах шишек *Sphenophyllum* многочисленные спорангии кажутся сгруппированными в беспорядке, но обычно некоторые из них разрезаны так, чтобы показать прикрепление стебля, как на [рис. 117](#), st. Поскольку стебель был длинным и тонким, но в любом срезе обычно разрезается только его небольшой участок, для понимания способа их крепления к оси (как показано на [рис. 116](#)) необходимо изучить

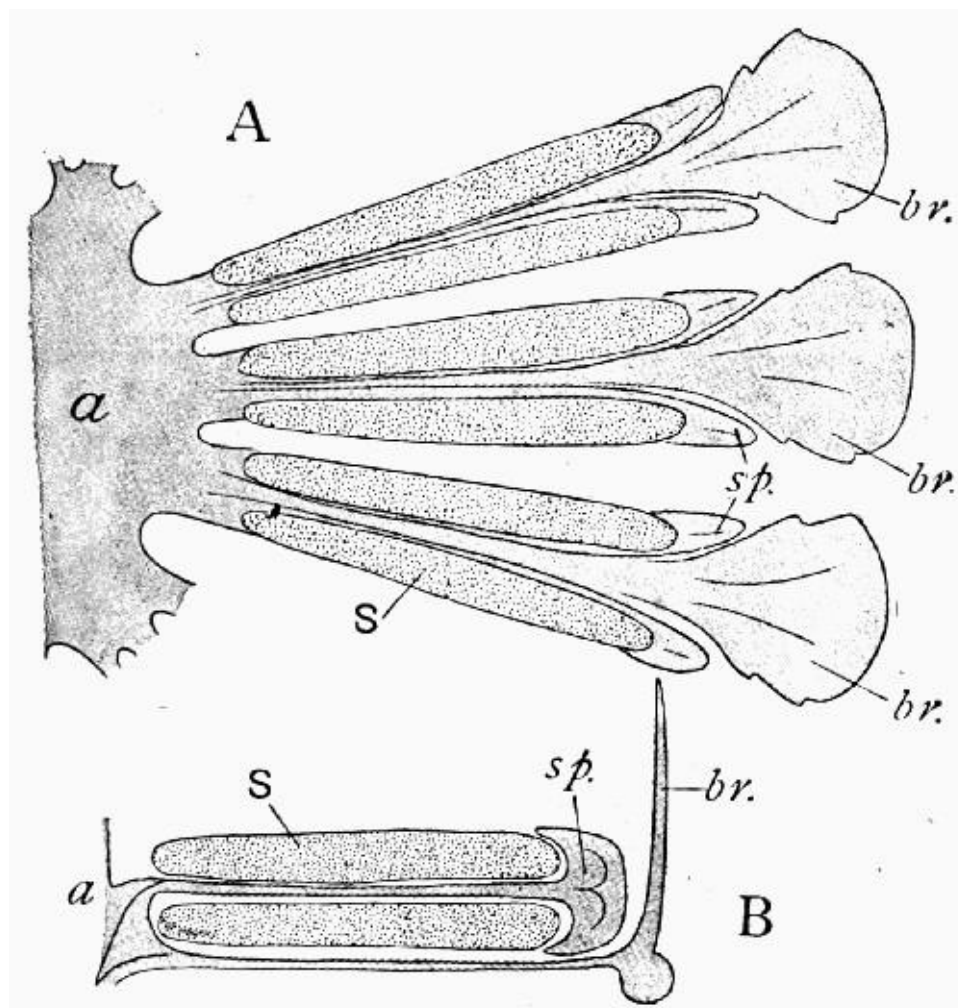


серию срезов.

Рис. 117. — Часть конуса *Sphenophyllum*, показывающая спорангии *sp*, некоторые из которых разрезаны так, чтобы показать часть их стеблей *st*. В, прицветник. (Микрофотография.)

Из других растений, принадлежащих к этой группе, особо интересен *Bowmanites Römeri*. Его спорангии располагались на стеблях, похожих на стебли *Sphenophyllum*, но к каждому стеблю было прикреплено по два спорангия. Два спорангия также расположены на каждом стебле у *S. fertile*. Эти растения помогают прояснить природу стебельчатых спорангиев *Sphenophyllum*, поскольку они, по-видимому, указывают на прямое сходство между ними и спорофиллами *Equisetales*.

Кроме того, есть еще одно растение, о котором мы знаем только по конусу, но которое имеет еще большее значение. Однако этот конус, (*Cheirostrobos*), настолько сложен, что для его подробного описания потребовалось бы слишком много места. Даже схема его строения чрезвычайно сложна. Для специалиста шишка особенно интересна, поскольку ее сложность дает ему широкие возможности для выдвижения теорий о ней; но для наших целей



большинство из них слишком заумны.

Рис. 118. — А. Схема трехлопастного прицветника из шишки *Cheirostrobos*. *a* — ось; *br* — три бесплодных нижних лопасти прицветника; *sp* — три верхних спорофиллоподобных лопасти, к каждой из которых прикреплены четыре спорангия S. В — часть вышеуказанного, вид в продольном сечении по оси. (Изменено по Скотту.)

Его наиболее важные особенности следующие. Вокруг оси располагались ряды чешуек, по двенадцать в каждом витке, и каждая чешуйка была разделена на верхнюю и нижнюю части, каждая из которых, в свою очередь, делилась на три доли. Нижние три из каждой из этих групп чешуек были бесплодными и похожими на прицветники, сравнимыми, возможно, с

прицветниками на [рис. 116](#); в то время как верхние три части были стебельками, вокруг каждого из которых располагались четыре спорангия. Таким образом, каждый сегмент спорофилла напоминал спорофилл *Calamites*, в то время как длинные соломинообразные спорангии были больше похожи на спорангии *Lepidodendron*. На [рис. 118](#) представлена схема трехлопастного прицветника с тремя прикрепленными к нему спорофиллами. Вокруг оси располагались многочисленные витки таких прицветников, и, поскольку конус был большим, спорангий было огромное количество.

Интерес представляет характер древесины главной оси, которая во многих отношениях похожа на древесину *Lepidodendron*, представляя собой кольцо центростремительно развитой древесины с двенадцатью выступающими внешними точками протоксилемы.

[\[13\]](#)
Этот шишка является самым сложным плодом из всех известных папоротниковых, как живых, так и ископаемых, что само по себе обеспечивает ему особое значение, хотя для наших целей больше интереса представляют смешанные сходства, которые он демонстрирует.

Упомянем некоторые из его характеристик: отдельные сегменты спорофиллов, каждый из которых несет четыре спорангия, сопоставимы с таковыми у *Calamites*, в то время как отдельные спорангии и длина стебля спорофилла по внешнему виду похожи на таковые у *Lepidodendron*. Древесина главной оси также напоминает типичную древесину *Lepidodendron*. Способ, которым сосудистые пучки прицветника выходят из оси, и способ, которым стебли, несущие спорангии, прикреплены к стерильной части прицветников, похожи на соответствующие особенности *Sphenophyllum* и еще больше похожи на *Bowmanites*.

В этих растениях можно найти много других сходств, но, не вдаваясь в подробности, достаточно указанного, чтобы поддержать вывод о том, что *Cheirostrobus* является очень важным ключом к пониманию родства *Sphenophyllales* и ранних *Pteridophytes*. Действительно, считается, что он принадлежал к древнему роду растений, от которого произошли *Equisetaceae*, *Sphenophylla* и, возможно, также *Lycopods*.

Sphenophyllum, *Bowmanites* и *Cheirostrobus* — серия форм, вымерших в палеозое, далеких по своей структуре от любых современных видов, чье существование в палеонтологическом контексте было бы совершенно неожиданным, если бы не работы в области ископаемой ботаники, — тем не менее являются ключами, которые привели к частичному разгадке тайн, окружающих современные *Lycopods* и *Equisetums*, и которые помогают преодолеть пропасть между этими отдаленными и выродившимися семействами.

ГЛАВА XVII

ИСТОРИЯ РАСТЕНИЙ

X. Низшие растения

В современном растительном мире существует много семейств, включающих огромное количество видов, организация которых проще, чем у рассмотренных до сих пор групп. В совокупности они составляют очень большую часть от общего числа живых видов, хотя большинство из них имеют небольшие размеры, а многие являются микроскопическими.

К этим «низшим растениям» относятся все мхи, плоские зеленые печеночники, лишайники, грибы и все бесчисленные плесневые грибы и паразиты, вызывающие болезни растений, зеленые водоросли, растущие в воде, и все морские водоросли, большие и маленькие, в море, крошечные зеленые клетки, растущие в трещинах коры деревьев, и все подобные им, живущие миллионами в воде. Поистине, множество форм с бесконечным разнообразием структур.

Однако, когда мы обращаемся к ископаемым представителям этого внушительного множества, мы находим лишь немногих. Действительно, о ископаемых представителях всех этих групп, взятых вместе, мы знаем меньше важной и действительно интересной информации, чем о любой отдельной семье из тех, которые рассматривались до сих пор. Причины такого дефицита ископаемых низших типов не совсем ясны, но одной из них, которая может иметь к этому какое-то отношение, является трудность минерализации. Само собой разумеется, что чем более деликатная и мягкая структура (), тем меньше у нее шансов сохраниться без разложения достаточно долго, чтобы стать ископаемой. Как можно понять из главы II, даже когда процесс окаменения происходил, с геологической точки зрения, быстро, он никогда не мог быть завершен быстро по сравнению с противоположными процессами разложения. Следовательно, все низшие растения с их мягкими тканями и отсутствием древесины и укрепляющих клеток, на первый взгляд, имеют мало шансов на окаменение.

В этом аргументе есть много правды, но он не является достаточным объяснением редкости окаменелостей низших растений. На протяжении всех предыдущих глав упоминались очень хрупкие клетки, такие как сердцевина, споры и даже прорастающие споры (см. [рис. 47, стр. 68](#)), с их самыми хрупкими выросшими клетками. Если же такие маленькие и хрупкие элементы высших растений сохраняются, почему же многие низшие растения (некоторые из которых крупные и крепкие) не встречаются в горных породах?

Что касается первой группы, мхов, то вероятно, что они не существовали в палеозойский период, откуда происходят наши наиболее деликатно сохранившиеся окаменелости. Существует много аргументов в пользу того, что они эволюционировали сравнительно недавно, хотя они менее высокоорганизованы, чем папоротники. Совсем недавно были проведены эксперименты с их близкими родственниками, печеночниками, и те из них,

которые в течение года находились в условиях, схожих с теми, в которых происходило окаменение растений, в конце периода оказались прекрасно сохранившимися, хотя в обычных условиях они, естественно, быстро разложились бы. Это показывает, что клетки бриофитов не являются особенно неспособными к сохранению в виде окаменелостей, и добавляет веса отрицательным доказательствам, найденным в горных породах, усиливая предположение об их позднем происхождении.

То, что некоторые низшие растения, в том числе самые низшие и простые, могут хорошо сохраняться, показывает случай с ископаемыми грибами, которые часто встречаются в микроскопических срезах палеозойских листьев, где они поражают высшие растения, как это делают сегодня подобные паразитические виды.

Теперь мы должны привести наиболее важные факты, известные о окаменелостях различных групп низших растений.

Бриофиты — *мхи*. Из этого семейства нет образцов любого возраста, которые были бы сохранены настолько, чтобы показать их микроскопическую структуру. Есть несколько отпечатков из различных пластов, которые показывают, с большей или меньшей степенью неопределенности в большинстве случаев, стебли и листья того, что похоже на мхи, подобные ныне существующим, но почти все они не имеют плодов, которые позволили бы определить их с уверенностью. Эти отпечатки носят название *Muscites*, что в большинстве случаев является достойным прикрытием для незнания. Немногие отпечатки, которые вполне удовлетворительны, принадлежат к относительно недавним породам.

Печеночники также встречаются редко, и среди них нет ничего, что могло бы пролить свет на живые формы или их эволюцию. Более распространенные относятся к тем же типам, что и современные, и называются *Marchantites*, образцы которых были найдены в пластах различного возраста, однако в основном в более поздних периодах истории Земли.

Интересно отметить, что среди всех тонких тканей, которые так хорошо сохранились в «угольных шарах» и других палеозойских окаменелостях, нет экземпляров, свидетельствующих о существовании мхов в то время. Не исключено, что они могли эволюционировать позднее, чем другие группы «низших» растений.

Characeae — представители этого несколько изолированного семейства (каменные водоросли) более известны, так как они часто встречаются в виде окаменелостей. Вероятно, это связано с их особенностями, поскольку даже при жизни они имеют тенденцию покрывать свои нежные стебли, листья и даже плоды известковым налетом. Это в некоторой степени способствует окаменению, и окаменелости Charas не являются редкостью. Обычно они происходят из недавно отложенных пород, а самые ранние настоящие Charas () датируются только серединой мезозоя.

Интересным явлением является окаменение масс этих растений вместе, что указывает на существование древнего водоема, в котором они когда-то, должно быть, росли в изобилии. Описан случай, когда массы *хары* окаменели там, где, по-видимому, они росли, и их скопления постепенно заполнили пруд, пока не накопились до высоты 8 футов.

Однако с нашей нынешней точки зрения эти растения не имеют большого значения.

Грибы. — Из высших грибов, а именно «поганок», у нас нет настоящих окаменелостей. Некоторые следы их были найдены в янтаре, но такие образцы настолько неудовлетворительны, что вряд ли могут представлять большой интерес.

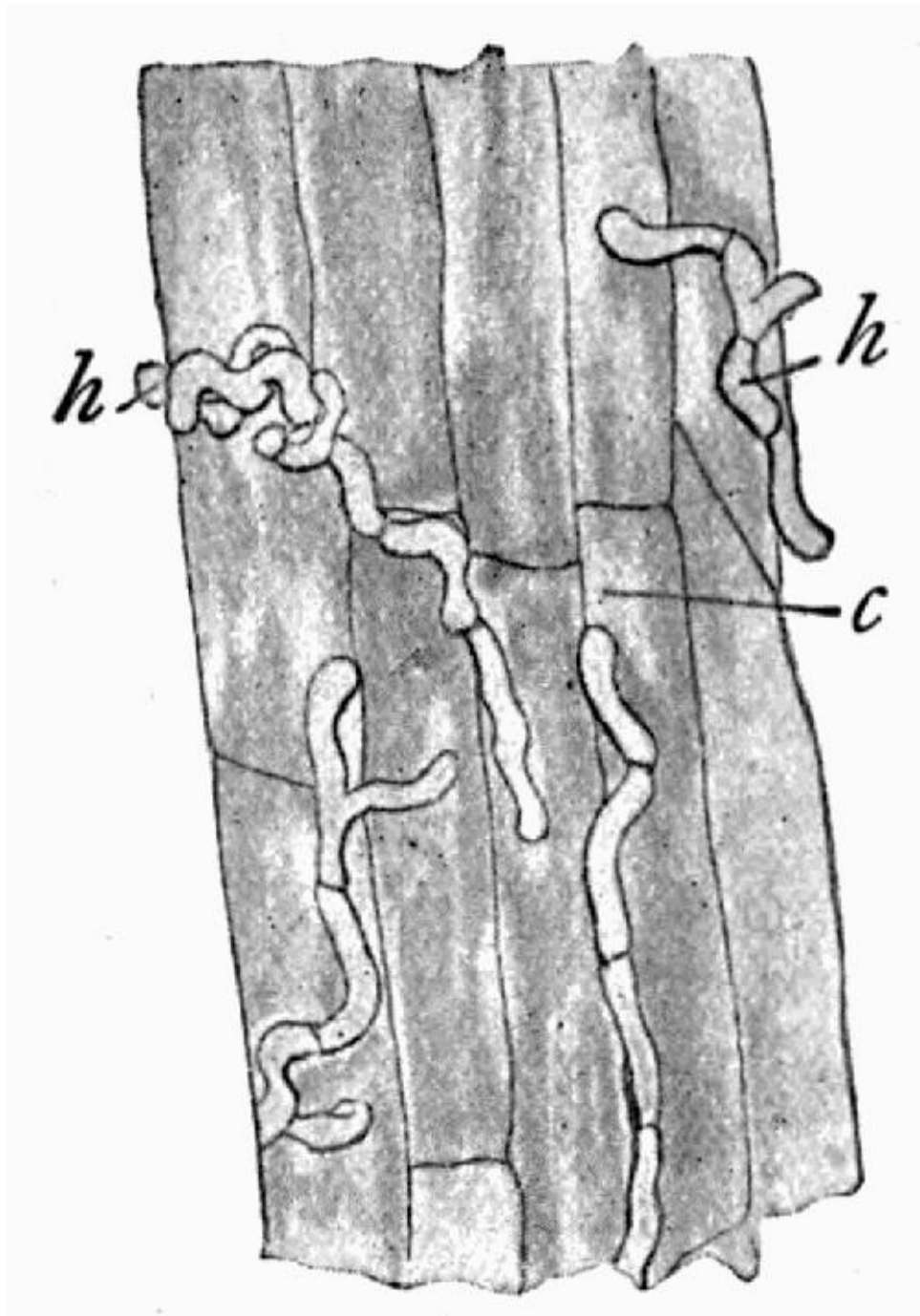


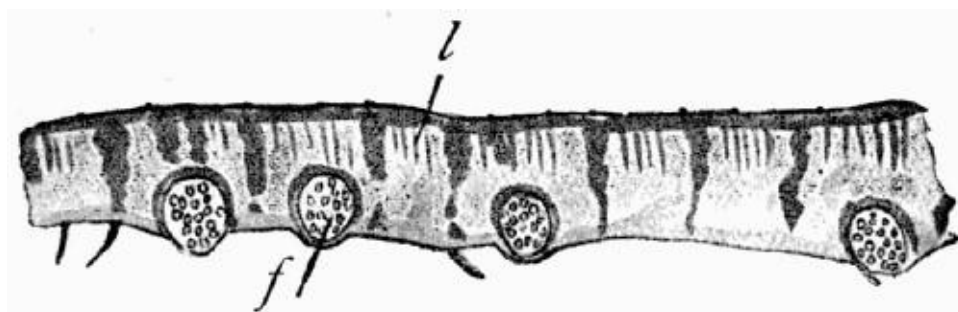
Рис. 119. Гифы грибов, паразитирующих на древесном дереве

с, клетки хозяина; *h*, гифы гриба с делящимися клеточными стенками.

Однако низшие грибы, в частности микроскопические и паразитические формы, встречаются очень часто и обнаруживаются в ископаемых углеродных отложениях. Проникая в ткани высших растений, своих хозяев, паразитические клетки часто прекрасно

сохраняются, и мы можем видеть их тонкие гифы, блуждающие от клетки к клетке, как на [рис. 119](#), а иногда прикрепленные к ним опухшие клетки, которые, по-видимому, являются спорангиями. Из палеозойской эры мы получаем листья с гнездами спор грибов (), которые поражали и пятнили их, как многие из них делают с листьями сегодня (см. [рис. 120](#)). Особенно примечательно в этих растениях их сходство с живыми формами, поражающими высшие растения в наши дни. Уже в палеозое существовало резкое различие между высокоорганизованными независимыми высшими растениями и их простыми паразитами. Высшие растения с тех пор претерпели глубокие изменения под воздействием постоянно меняющейся окружающей среды, но паразиты, живущие в них, остались практически такими же, как и тогда, достаточно высокоорганизованными, чтобы грабить и размножаться.

Форма грибкового обитателя, которая, по-видимому, полезна для высших растений, также, по-видимому, существовала в палеозойскую эпоху, а именно *микориза*. В корнях многих живых деревьев, особенно таких, как бук и его сородичи, клетки внешних слоев проникают многие формы грибов, которые живут в симбиозе с деревом и приносят ему некоторую пользу, одновременно получая что-то для себя. Эта любопытная и до сих пор не до конца понятная физиологическая связь между высшими растениями и грибами существовала еще в палеозойский период, из которого были описаны корни, клетки которых были заполнены



мелкими организмами, по-видимому, идентичными *микоризе*.

Рис. 120. — Ископаемый лист *l* с гнездами заражающих грибных спор *f* на нижней стороне

Водоросли — *зеленые водоросли* (водяные растения). Многие отпечатки время от времени описывались как водоросли, но впоследствии было доказано, что многие из них являются разновидностями других организмов, иногда вовсе не растений. Другие отпечатки действительно могут быть отпечатками водорослей, но до сих пор они практически ничего не добавили к нашим знаниям об этой группе.

Некоторые роды водорослей покрывают себя известковым веществом, пока они живы, во многом так же, как и харас, и, естественно, из них сохранилось довольно много ископаемых останков из третичных и мезозойских пород. Это еще в большей степени относится к группе *красных водорослей* (морских водорослей), из которых известковые роды, такие как *Corallina* и другие, имеют много ископаемых представителей. Эти растения во многих

случаях настолько похожи на кораллы, что долгое время считались животными. Род *Lithothamnion* в настоящее время растет, прикрепившись к скалам, и густо покрыт известковым веществом. Многие виды этого рода были описаны среди ископаемых, особенно из третичных и меловых пород. Поскольку растение росло в сообществе с животными кораллами, не всегда легко отделить его от них.

БУРЫЕ ВОДОРОСЛИ (морские водоросли) часто описывались как ископаемые. Это вполне естественно, поскольку очень много ископаемых было найдено в морских отложениях, и когда среди них есть что-то, имеющее темный, волнистый отпечаток, его обычно описывают как морскую водоросль. И, возможно, это и есть водоросль (), но такой отпечаток не приводит к значительному прогрессу в знаниях. Из раннепалеозойских пород Европы и Америки известно крупное ископаемое растение, частично окаменевшее в виде стебля. Существует несколько видов или, по крайней мере, разновидностей этого растения, известных под общим названием *Nematophycus*. Образцы этого рода имеют несколько анатомических признаков, характерных для крупных живых водорослей типа *Laminaria*, и вполне возможно, что эти окаменелости представляют собой ранних представителей этой группы. Однако ни в одном из этих окаменевших экземпляров нет никаких признаков микроскопической структуры репродуктивных органов, поэтому точная природа окаменелостей не может быть определена. Вероятно, что, хотя они, возможно, и родственны ламинариям, они принадлежат к полностью вымершей группе.

Можно было бы написать интересную и даже забавную главу обо всех окаменелостях, которые похожи на водоросли и даже были описаны как таковые. Крошечные речные системы, которые образуются во влажной грязи береговой линии, если они сохранились в скалах (как это часто бывает, вместе с рябью и каплями дождя прошлого), необычайно похожи на морские водоросли — как и бесчисленные отпечатки и следы животных (). В этой части изучения окаменелостей лучше иметь здоровый скептицизм, чем озаоряющее воображение.

Диатомы с их твердыми кремниевыми оболочками естественным образом хорошо сохраняются в виде окаменелостей (см. [рис. 121](#)), поскольку даже при разложении протоплазмы минеральные оболочки остаются практически неизменными.

Сегодня диатомы существуют в больших количествах как в холодных водах полярных регионов, так и в горячих источниках. Часто в последних можно увидеть, как они фактически превращаются в окаменелости. В Йеллоустонском парке они накапливаются в огромных количествах на больших площадях, а в некоторых местах их толщина достигает 6 футов. На дне пресноводных озер они могут образовывать почти чистый ил мелкой текстуры, а на дне глубоких океанов находится ил из диатомовых водорослей, которые были отделены от известковых раковин благодаря своей большей устойчивости к растворению в соленой воде.

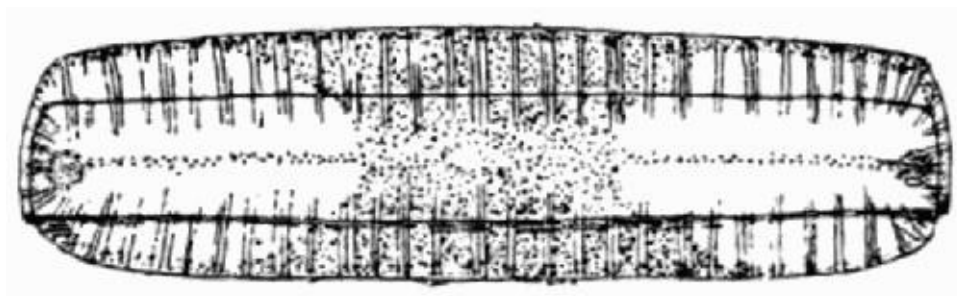


Рис. 121. Диатомовая водоросль с двойной кремниевой оболочкой

В настоящее время существует огромное количество видов, а также окаменелостей из третичных и верхних мезозойских пород; но, как ни странно, несмотря на такое большое количество и широкое распространение как в настоящее время, так и в прошлые периоды, они не были найдены в более древних породах.

В одном отношении диатомы отличаются от обычных окаменелостей. В последних мягкие ткани растения были заменены камнем, в то время как в первых живая клетка была заключена в кремниевую оболочку, которая не разлагается, чем больше напоминает окаменелости раковин животных.

БАКТЕРИИ настолько малы, что в обычных случаях их невозможно распознать. В матрице наиболее хорошо сохранившихся окаменелостей всегда присутствуют мельчайшие кристаллы и гранулы, которые могут идеально имитировать формы бактерий. Французские авторы описали различные виды *бацилл* и *микрококков* (), но их описания не вызывают доверия.

Как было сказано в начале главы, из всех окаменелостей всех семейств низших растений мы не можем извлечь многое, что имело бы первостепенное значение для настоящей цели. Однако, поскольку история растений была бы неполной без упоминания того небольшого, что известно, были добавлены предыдущие страницы.

ГЛАВА XVIII

Ископаемые растения как свидетельства древних стран

Земля, которая сегодня кажется такой твердой и неизменной, много раз находилась под водой и разными способами соединялась с другими массивами суши, образуя континенты. В каждый период твердая земля, без сомнения, казалась такой же стабильной, как и сейчас, а страна имела свои характерные черты, типичные пейзажи, растения и животных. Мы знаем, насколько важной чертой характера любой современной страны является ее флора, и у нас нет оснований полагать, что когда-либо она была менее важной, чем сегодня. Действительно, в эпохи, когда люди еще не вмешивались в рост лесов и не строили свои города с их разрушительным воздействием, растения играли относительно более важную роль в ландшафте мира, чем сегодня.

Если мы вернемся в периоды геологической истории, то обнаружим, что растения имели все более обширную область распространения. Сегодня большинство отдельных видов и многие роды ограничены островами или частями континентов, но до ледникового периода многие из них были распространены как в Америке, так и в Европе. В мезозое *гинкго* было распространено по всему миру, а в нынешнюю эпоху оно было ограничено Китаем и Японией, пока не было вновь распространено благодаря культивированию; в то время как в палеозое *лепидодендрон*, по-видимому, простирался почти от полюса до полюса.

Невозможно переоценить важность связи между строением растений и климатом и местными физическими условиями, в которых они росли. Современная биология и экология постоянно расширяют и уточняют наши представления об этой взаимосвязи, так что мы можем с уверенностью исследовать детали анатомического строения ископаемых растений, чтобы получить дополнительную информацию о характере стран, в которых они обитали, и их климате.

Уже отмечалось, что большинство хорошо сохранившихся ископаемых, будь то растения или животные, окаменели в горных породах, образовавшихся под водой; однако также отмечалось, что морских растений у нас почти нет надежных ископаемых. Как объяснить это кажущееся противоречие?

Отсутствие окаменелостей морских растений, вероятно, связано с их легкоразлагаемой природой, в то время как наличие многочисленных наземных растений было результатом их уноса в море потоками и реками или попадания в стоячие солончаки, где они росли. Следовательно, в горных породах, отложившихся в море, мы имеем сохранившиеся растения, которые росли на прилегающих землях. В пресной воде также часто окаменевали растения из окрестностей, но на самой земле сохранилось очень мало. Ветер, дождь и гниение, которые постоянно воздействуют на сушу, разрушают и смывают ее поверхность, а не создают ее.

Существует много различных деталей, которые используются для определения доказательств существования ископаемого растения. Когда сохраняются отпечатки листьев, которые демонстрируют близкое сходство с живыми видами (как это часто бывает в третичном периоде), сразу же предполагается, что они жили в условиях, подобных тем, в которых живут нынешние растения этого вида; в то время как, если анатомия хорошо сохранилась (как в палеозойских и некоторых мезозойских типах), мы можем сравнить ее детали с аналогичными растениями, растущими в известных условиях, и судить о климате, в котором росло и развивалось ископаемое растение.

До нынешнего периода существовала так называемая ледниковая эпоха. В земляных отложениях этого периода, в которых находят окаменелости, растения встречаются нередко. Они относятся к тому же виду, что и растения, растущие в настоящее время в холодных регионах полярного круга и на вершинах холмов, где температура намного ниже, чем в окружающих низменностях. Ледниковые периоды происходили в других частях мира в разное время; например, в Южной Африке в пермско-карбоновом периоде, в течение которого, как показывают окаменелости, теплолюбивые растения были вытеснены гораздо дальше на север, чем сейчас.

В основном благодаря природе растительных окаменелостей мы знаем о климате Англии в период, предшествовавший ледниковой эпохе. Отпечатки листьев и стеблей, и даже плодов, в изобилии встречаются в различных периодах третичного периода. Многие из них были покрытосеменными растениями (см. [гл. VIII](#)) и принадлежали к семействам и даже родам, которые существуют и в настоящее время, причем немало из них произрастают в теплых регионах Земли и являются субтропическими. Обычно предполагается, что ископаемые, связанные с этими растениями или идентичные им, должны были поэтому встречаться в третичной Северной Европе, климат которой был гораздо теплее, чем в настоящее время. Не только в Северной Европе, но и вплоть до полярного круга такие растения встречаются в третичных породах, и даже если бы у нас не было их живых представителей, с которыми можно было бы их сравнить, большой размер и тонкая текстура их листьев, их гладкость и ряд других характеристик позволили бы с уверенностью утверждать, что климат был гораздо мягче, чем в настоящее время, хотя значение некоторых доказательств было переоценено.

Что касается третичного периода, то мы полагаемся в основном на отпечатки окаменелостей; анатомическое строение, несомненно, дало бы больше подробностей, но даже в нынешнем виде у нас достаточно доказательств, чтобы пролить свет на физиографию третичного периода. Причины таких заметных изменений климата должны быть оставлены на рассмотрение геологов и астрономов. Растения пассивны, они подвержены влиянию крупных климатических изменений, хотя и оказывают значительное влияние на количество осадков, что неоднократно доказывалось в Индии в последнее время.

Из более отдаленных периодов нам больше всего могут рассказать растения каменноугольного периода, структура которых нам хорошо известна. Хотя еще предстоит проделать большую работу, прежде чем наши знания станут такими полными, как мы хотели бы, уже обнаружено достаточно фактов, чтобы исправить несколько распространенных заблуждений относительно палеозойского периода. «Глубокие, всепоглощающие туманы, через которые едва проникали лучи солнца», которые захватили

воображение людей, по-видимому, не имеют под собой никаких оснований. В фактическом строении растений нет ничего, что указывало бы на то, что интенсивность света в климате, в котором они росли, была меньше, чем в сегодняшней атмосфере, свободной от дыма.

Посмотрите на «теневые листья» любого обычного дерева, такого как липа или клен, и сравните их с листьями, растущими на солнце, даже на том же дереве. Они больше, мягче и тоньше. Чтобы поглотить такое же количество энергии, как и более ярко освещенные листья, они должны подвергаться воздействию света большую поверхность. Следовательно, если растения угольного периода росли в очень густой тени, то для обеспечения своего большого роста необходимой солнечной энергией мы должны были бы ожидать увидеть огромные раскидистые листья. Но что мы видим на самом деле? Таких больших листьев не известно. *Каламиты* и *лепидодендроны*, самые распространенные и успешные растения того периода, имели узкие простые листья с небольшой площадью поверхности. Фактически, это были листья того типа, которые мы сейчас видим растущими на открытых местах. Папоротники имели большие разделенные листья, но они были мелколопастными и не имели большой непрерывной площади, как настоящие «теневые листья»; в то же время высота их стеблей указывает на то, что они росли в полутени — по крайней мере, в тени, отбрасываемой мелколистными каламитами и лепидодендронами (), которые возвышались над ними.

Действительно, геологические данные не указывают на то, что в позднем палеозое наблюдались какие-либо значительные аномалии в атмосфере, а внутренние признаки растений, растворившихся в то время, указывают на сухие или физиологически сухие условия ^[14] с большим количеством солнечного света.

Из растительных окаменелостей из угольных пластов у нас есть по крайней мере два типа. Один — те, которые обычно встречаются в узелках в самом угле; а другой — узелки в породах над углем, которые были снесены с высоких земель в море.

Первые — это растения, которые фактически сформировали сам уголь, и по их внутренней организации мы видим, что эти растения росли с частично погруженными корнями в солоноватых болотах. Их корни — это корни водных растений (см. [стр. 150](#), молодой корень каламита), но их листья — это листья «защищенного» типа с узкой поверхностью и различными механизмами, предотвращающими потерю воды в результате быстрого испарения. Если бы вода, в которой они росли, была пресной, у них не было бы таких листьев, поскольку у них не было бы необходимости экономить воду, но, как мы видим сегодня в болотах и солоноватой или соленой воде (которая физиологически пригодная для растений только в небольших количествах), растения, даже частично погруженные в воду, защищают свои открытые листья от сильной транспирации.

Существует слишком много деталей, чтобы упомянуть их все в связи с этими углеобразующими растениями, которые доказывают, что вблизи моря были обширные болотистые территории, где они росли в яркой атмосфере и однородном климате. Обширные угольные месторождения и геологические свидетельства еще более обширных залежей показывают, что в Европе в период углерода были обширные равнины, настолько близкие к уровню моря, что они постоянно затоплялись и вновь появлялись, когда обломки дрейфовали и скапливались над ними. Такая территория, вероятно, сильно отличалась от современной Европы во всех своих характеристиках. Но весь континент не состоял из этих

равнин; были холмы и более высокие земли, в основном на северо-востоке, на которых росла сухая растительность, в которой основными растениями были несколько видов птеридосперм и *кордаитов* с их сородичами. Листья этих растений устроены таким образом, что можно предположить, что они росли в регионе с ярким и сухим климатом.

Особый интерес, особенно среди геологов, вызывает ископаемая флора, известная как флора глоссоптерисов (*Glossopteris*). Эта палеозойская флора в целом имеет сходные черты с флорой европейского пермо-каменноугольного периода (), но обладает и собственными особенностями, в частности, родом *глоссоптерисов* (*Glossopteris*), а также родами *филлотека* (*Phyllothea*) и *шизоневра* (*Schizoneura*).

Эти роды, наряду с несколькими другими, характерны для пермско-карбонового периода в регионах Южного полушария, которые сейчас известны под названиями Австралия, Южная Африка, Южная Америка и Индия. В то время эти регионы составляли то, что геологи называют «Гондвана». В породах, расположенных ниже тех, в которых содержатся растения, есть свидетельства ледниковых условий, и не исключено, что эта большая разница в климате объясняет различия, существующие между флорой региона Гондвана и Северного полушария. К сожалению, у нас нет микроскопически сохранившихся образцов флоры [\[15\]](#) *Glossopteris*, которые можно было бы сравнить с образцами нашего палеозоя.

Подробное описание ряда изменений, которые претерпели моря и континенты, относится к сфере чистой геологии. Здесь необходимо только указать, как свидетельства ископаемых растений могут дать много информации об этих континентах, и по мере того, как наши знания об анатомии ископаемых и современной экологии будут расти, их свидетельства станут еще более весомыми. Даже сейчас, если бы у нас не было других источников информации, мы могли бы по одним только растениям сказать, где в прошлом на континентах были снег и лед, жара и засуха, болота и холмистая местность. Несмотря на различия в их систематическом положении или масштабе эволюционного развития, растения всегда имели схожую микроструктуру и схожую физиологическую реакцию на условия климата и поверхности земли, так что в их окаменевших клетках сохранилась история стран и условий, давно ушедших в прошлое.

ГЛАВА XIX

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В грандиозном спектакле живых существ, проходящем через творение, растения занимают уникальное и жизненно важное место. Однако они живут и движутся так тихо и медленно, что мы, в нашем поспешном движении, часто забываем, что они, так же как и мы, принадлежат к живым и развивающимся организмам. Когда мы смотрим на относительные структуры растений, разделенных длительными промежутками времени, мы можем распознать прогресс, которого они достигли; и это то, что мы делаем в изучении ископаемой ботаники. Мы можем поместить основные черты флоры палеозойской и мезозойской эр на нескольких страницах печатного текста, и контраст становится поразительным. Но фактическое расстояние во времени между этими двумя типами растений огромно и, должно быть, простирается на несколько миллионов лет; на самом деле говорить о годах становится бессмысленным, поскольку продолжительность этих периодов, должно быть, была настолько огромна, что выходит за пределы нашего понимания. В эти периоды мы обнаруживаем столь же поразительный контраст в характеристиках растений, как и в характеристиках животных. Целые семейства вымерли, а новые возникли с более сложной и продвинутой организацией. Но в высоте и окружности есть небольшая разница между самыми ранними и самыми поздними деревьями; кажется, что существует предел возможного размера растений на этой планете, как и для животных, высоты гор или глубины моря. «Высшие растения» часто менее массивны и менее высоки, чем низшие — человек меньше ростом, чем динозавр — и хотя ни при каком разумном усилии воображения мы не можем говорить о мозге у растений, существует бессознательное превосходство в адаптации, благодаря которому более высокоорганизованные растения захватывают почву, на которой они доминируют.

В предыдущих главах было отмечено, что еще в период каменноугольной эпохи вегетативные части растений во многих отношениях были похожи на современные, а существенные различия заключались в репродуктивных органах. Естественно, что когда вид (как и все виды) зависит в своем существовании от цепочки особей, ведущей от поколения к поколению, наиболее важными элементами в структуре растений должны быть механизмы, связанные с размножением. Именно здесь мы видим наиболее фундаментальные различия между живыми и ископаемыми растениями, между высшими и низшими из ныне живущих, между лесными деревьями настоящего и лесными деревьями прошлого. Древесина палеозойских лycopодиев по качеству, объему и происхождению вторичного роста была сопоставима с древесиной высших растений, живущих и по сей день, — однако в плодовых органах контраст огромен! Лycopодии с простыми шишками, состоящими из чешуек, в огромных спорангиях которых находились простые одноклеточные споры; цветущие растения, с резко контрастирующими мужскими и женскими органами, но растущими в одной шишке (можно вполне законно сравнить цветок с шишкой), окруженными специально окрашенными и защитными чешуйками, и со

«спорой» в ткани молодого семени, настолько измененной и видоизмененной, что сравнение со спорой папоротника возможно только в техническом смысле.

Для изучения мельчайших деталей ископаемых растений необходимо иметь тщательную подготовку в области строения живых растений. В предыдущих главах были рассмотрены только основные черты, поэтому из них мы можем почерпнуть знания, подобные картине дома японского художника — несколько линий.

Однако даже из фактов, собранных в этих коротких главах, становится очевидным, насколько обширна область ископаемой ботаники и со сколькими предметами она соприкасается. От мельчайших деталей анатомии и эволюции растений до климата исчезнувших континентов, от определения геологического возраста куска породы по отпечатку почерневшего папоротника на нем до химических вопросов консервирующих свойств морской воды — все это является частью изучения «ископаемой ботаники».

Свести основные результаты исследования в графической форме — задача не из легких, но можно составить приблизительную схему, дающую некоторое представление о распределении основных групп растений в основные периоды времени (см. [рис. 122](#)).

Такая диаграмма может отражать только современное состояние наших несовершенных знаний; в любой день открытия могут расширить линию любой группы вверх или вниз по серии или соединить группы между собой.

Становится очевидным, что уже в палеозое было представлено почти столько же типов, сколько и в настоящее время, и что на самом деле все, вплоть до высших голосеменных, было хорошо развито (ведь действительно трудно доказать, что *кордаиты* менее высокоорганизованы, чем некоторые из современных типов голосеменных), но отсутствуют цветковые растения, а также настоящие саговники, а также промежуточные мезозойские беннеттиталевые. Особыми группами этого периода были серия *Pteridosperm*, связывающая папоротники и саговники, и *Sphenophyllums*, в некоторой степени связывающая лycopоды и каламиты. Вместе с ними процветали некоторые из все еще существующих групп папоротников, лycopодиев и хвощевых, хотя все виды отличались от ныне существующих (). Это показывает нам, насколько далека от начала наша самая ранняя информация, поскольку уже в палеозое у нас была флора, столь же разнообразная, как и ныне существующая, хотя и с более примитивными признаками.

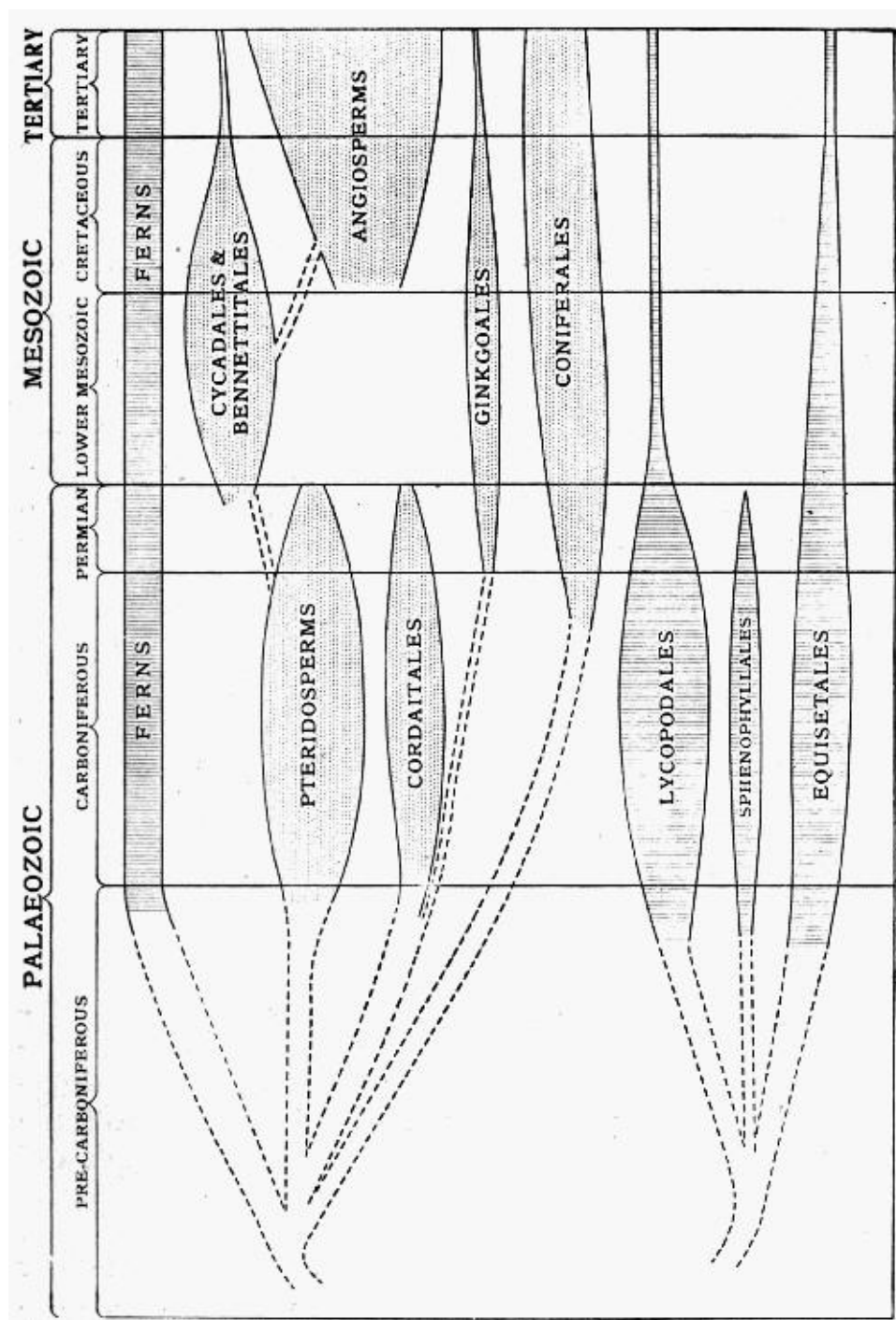


Рис. 122. Диаграмма, показывающая относительное распределение основных групп растений в геологические эпохи. Пунктирные линии, соединяющие группы и группы до каменноугольного периода, являются чисто теоретическими, а лишь указывают на выводы, сделанные на данный момент. Размер поверхности каждой группы примерно указывает на ту роль, которую она играла в флоре каждого периода. Те, у которых поверхность пунктирная, имели семена, а остальные — споры.

В мезозойскую эпоху наиболее заметной группой являются саговники и беннеттиталевые, причем последняя ветвь указывает на прямую связь между папоротниково-саговниковым рядом и цветковыми растениями. Эта точка зрения, недавно опубликованная и поддержанная различными выдающимися ботаниками, быстро набирает популярность. Более того, она стала настолько популярной среди специалистов, что существует опасность упустить из виду реальные трудности данного вопроса. Морфологический скачок от листьев и стеблей саговников к листьям и стеблям цветковых растений представляется гораздо более серьезным вопросом, чем это признается в настоящее время.

Как показано на диаграмме, группы не кажутся изолированными большими непреодолимыми пробелами, как это было еще двадцать лет назад. С помощью окаменелостей обнаруживаются либо прямые связи, либо вероятные линии связи, которые связывают серию семейств. В настоящее время самый большой разрыв лежит в семействе мхов, и, как уже упоминалось ([с. 163](#)), ископаемая ботаника пока не может пролить много света на эту проблему из-за отсутствия ископаемых мхов.

Этот взгляд в прошлое позволяет сделать прогноз на будущее. Эволюция, которая неуклонно продолжалась в течение таких огромных периодов времени, вряд ли остановится на стадии, достигнутой растениями сегодня. Какова будет основная линия развития растений будущего и чем они будут отличаться от современных?

В прошлом мы видели, как различие в размерах спор привело к появлению полов, а у высших растений — к значительным изменениям в строении мужских и женских организмов; как большие споры (женские) оказались заключенными в защитные ткани, что в конечном итоге привело к появлению настоящих семян (см. [стр. 75](#)), в то время как мужские, будучи временными, не подверглись такой эволюции. По мере развития семенной оболочки () она становится все более сложной, и когда мы доходим до еще более высших растений, в ее службу привлекаются дополнительные окружающие ткани, и она оказывается заключенной в плодолистике высших цветковых растений. После этого само семя выполняет меньше общих функций, и вместо тех, которые выполняют голосеменные растения с большим эндоспермом, собирающим питательные вещества до появления зародыша, достаточно небольших семязачек, которые развиваются только после обеспечения оплодотворения. Различные семейства цветковых растений пошли еще дальше, и вся сложная серия прицветников и плодоносящих частей, составляющих цветок, приспособлена для обеспечения скрещивания мужских и женских особей разных индивидуумов. Сложные механизмы, которые, по-видимому, приспособлены для «перекрестного оплодотворения», бесчисленны и встречаются в высших группах цветковых растений. Но некоторые из них вышли за пределы стадии, когда каждый отдельный цветок имел свое устройство и производил семена независимо от других цветов на той же ветке. У них есть сочетание многих цветов, сгруппированных в одно сообщество, в котором различные цветы специализируются на выполнении разных функций. В таком сложном цветке, например, маргаритке, некоторые имеют большие лепестки и яркую окраску, чтобы привлекать насекомых, переносящих пыльцу, некоторые несут только мужские органы, а другие — женские или производящие семена. Таким образом, в наиболее развитом типе цветковых растений мы снова возвращаемся к разделению полов в отдельных цветках; но эти цветки объединены в организованное сообщество (), гораздо более сложное, чем,

например, шишки голосеменных растений, где полы разделены на более низком уровне развития.

Вполне возможно, что в будущем важная группа, если не доминирующая группа, цветковых растений будет организована таким образом, что отдельные цветы будут очень простыми, с меньшим количеством частей, чем сегодня, но они будут объединены в сообщества высокоспециализированных особей в каждой головке или грозди.

Кроме того, у других видов мелкая структура жизненно важных органов () может развиваться в направлении, противоположном тому, что до сих пор считалось прогрессом. До недавнего времени нам казалось, что цветы и их органы в более развитых группах специализированы в направлении, способствующем «перекрестному опылению». Фактически, в «перекрестном опылении» казалось заключаться секрет силы и прогресса расов растений. Но современные цитологи обнаружили, что многие растения, которые долгое время считались зависимыми от перекрестного оплодотворения, либо самооплодотворяются, либо не оплодотворяются вовсе! Они прошли через период, когда использовались их сложные структуры для обеспечения перекрестного оплодотворения, и, хотя они сохранили эти внешние структуры, они перешли к более простому методу производства семян, а в некоторых случаях даже полностью отказались от оплодотворения яйцеклетки. Женская жизнеспособность увеличилась, мужская стала излишней. Проще и прямее размножаться с помощью только одного пола или использовать пыльцу одного и того же индивидуума. Многие цветы, о которых до недавнего времени этого не подозревали, поступают именно так. Мы пока не можем сказать, будет ли это успешно работать в течение следующих столетий или является признаком «старения вида».

Будут ли цветущие растения и в будущем занимать доминирующее положение, как сейчас, — интересная теоретическая проблема. Цветы эволюционировали в связи с опылением насекомыми. Можно представить себе будущее, когда вся Земля будет под властью человека, в котором плоды будут стерилизованы для использования человеком, как сейчас бананы, а образование семян в значительной степени заменится «черенками» садоводов.

У тех растений, которые сейчас живут там, где сложные механизмы перекрестного опыления были заменены простым самоопылением, внешние части более сложного метода все еще производятся, хотя они, по-видимому, бесполезны. В будущем эти рудиментарные органы будут утрачены или развиты в более примитивной форме (поскольку примечательно, как органы, которые когда-то использовались видом, вновь появляются у его представителей, которые давно переросли их использование), а морфология цветка будет значительно упрощена.

Таким образом, мы можем предвидеть значительное упрощение отдельных цветов с обеих сторон — в одной группе редуцированные особи объединяются в сообщества, члены которых являются высокоспециализированными, а в другой одиночные цветы становятся менее сложными и заметными, поскольку они больше не нуждаются в помощи насекомых (например, клейстогамные цветы фиалки даже в наши дни склоняются к земле и лишены яркой привлекательности обычных цветов), и, возможно, в конечном итоге развиваются под землей, где семена могут сразу же прорасти.

В вегетативных органах следует ожидать меньших изменений, примеры из прошлого позволяют нам предвидеть, что не будет больших различий в размерах или общей

организации основных частей, хотя внутренняя анатомия () варьировалась и, вероятно, будет варьироваться в значительной степени на протяжении всей эволюции растения.

Но еще один момент, и мы закончим. Почему растения вообще эволюционируют? Почему они делали это на протяжении геологических эпох прошлого и почему мы должны ожидать, что они будут делать это в будущем? Ответ на этот вопрос должен быть менее уверенным, чем он мог быть даже двадцать лет назад, когда магнетизм открытий и объяснений Дарвина, казалось, одерживал его учеников. «Реакция на окружающую среду» несомненно является мощным фактором в процессе эволюции, но она не является ее причиной. Кажется, что в жизни есть нечто неотъемлемое, нечто, по-видимому (хотя это может быть связано с нашей неполной способностью наблюдения), отличное от наблюдаемых факторов окружающей среды, что вызывает небольшие спонтанные изменения, *мутации*, и некоторые особи вида внезапно развиваются в новом направлении в той или иной части своего тела. Если это ставит их в более выгодное положение по отношению к окружающей среде или соседям, то это сохраняется, но если нет, то эти особи вымирают. Работа специального направления современной ботаники, известного как эволюционная экология (), ясно указывает на большую важность этой, казалось бы, необъяснимой спонтанности жизни. В одной только окружающей среде вдумчивый исследователь современности не может найти достаточного стимула для великих изменений и прогресса, достигнутых организмами в ходе мировой истории. Климат и чисто физические условия периода каменноугольной эпохи, вероятно, мало отличались от тех, что существуют сегодня в некоторых частях мира, но сами растения претерпели фундаментальные изменения. Конечно, необходимо учитывать их влияние друг на друга, но для растений это менее активный фактор, чем для людей, поскольку мы не можем представить себе ничего, что было бы эквивалентно гражданству, обществу и образованию в растительных сообществах, которые так важны для развития человека.

Кажется, доказано, что растения и животные могут в определенные неизвестные промежутки времени «мутировать», и «мутация» — прекрасное слово, чтобы выразить наше современное представление об одном из основных факторов эволюции. Но это прикрытие для невежества, которое явно менее смягчено, чем когда мы думали, что нашли полное объяснение причин эволюции в «окружающей среде».

В таком наброске, как настоящий, возможны только общие черты, детали не могут быть подробно описаны. Если он сумел передать атмосферу, достаточную для того, чтобы показать обширность ландшафта, простирающегося перед нашими глазами в прошлое и в будущее, то задача выполнена. Существует много подробных томов, которые следуют той или иной специальной линии исследования по главным и второстепенным путям этого долгого путешествия по творению. Если представленный в этой книге обзор страны с высоты птичьего полета побудит некоторых пройти ее шаг за шагом под руководством специалистов по каждому району, то она выполнит свою задачу. А тем, кто не будет близко знакомиться с такой далекой страной, она представит краткий отчет путешественника, чтобы они могли узнать что-нибудь об основных чертах и немного о романтике мира ископаемых.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

СПИСОК НЕОБХОДИМЫХ ВЕЩЕЙ ДЛЯ ЭКСПЕДИЦИИ ПО СБОРУ ОКАМЕНЕВШИХ

Чтобы получить максимальные результаты от экспедиции, лучше всего отправляться на поиски окаменелостей группой из двух, четырех или шести человек. Большие группы имеют тенденцию разделяться на отряды или тратить время на попытки держаться вместе.

Каждый участник должен иметь прочную подходящую одежду с как можно большим количеством карманов. Таким образом, вес камней можно распределить по всему телу, и он не будет ощущаться так сильно, как если бы все камни несли в рюкзаке. Каждый коллекционер должен также обеспечить себя

Сумкой или рюкзаком, предпочтительно из кожи или прочной ткани, но не большого размера, так как при ограниченном пространстве выбор образцов, скорее всего, будет производиться тщательно.

Один или два молотка. Если берется только один, он должен быть достаточно большого размера, с квадратной головкой и прочным прямым лезвием.

Один зубило, полностью из металла, с прочным прямым режущим краем.

Мягкой бумагой для упаковки более хрупких окаменелостей, чтобы они не поцарапали друг друга; и одной или двумя маленькими картонными коробками для очень хрупких образцов.

Карта района (желательно с геологической раскраской). На ней следует карандашом отмечать места находок, указывая их точное расположение. Для общей работы достаточно карты с масштабом 1 дюйм, но для детальной работы необходимо иметь карты важных районов с масштабом 6 дюймов.

Небольшой блокнот. Заметок нужно немного, но эти несколько заметок *должны* быть сделаны на месте, чтобы быть достоверными.

Карандаш или авторучка, желательно и то, и другое.

Складной нож, который, помимо прочего, пригодится для работы с очень хрупкими окаменелостями.

ПРИЛОЖЕНИЕ II

ОБРАБОТКА ОРГАНИЗМОВ

1. Наиболее распространенной формой сбора окаменелостей является так называемый *отпечаточный материал* (см. [стр. 12](#)). Во многих случаях после того, как камень, на котором они находятся, был обтесан до нужной формы, они не требуют дальнейшего внимания.

При обтесывании блока до нужного размера лучше всего держать его свободно в левой руке, по возможности защищая сам образец ладонью, и удалять лишние края короткими резкими ударами молотка, нанося их так, чтобы при каждом ударе откалывались только небольшие кусочки. Для хрупких образцов целесообразно оставить вокруг образца хороший запас матрицы и провести окончательную очистку тонким перочинным ножом, удаляя небольшие кусочки камня деликатными ударами по рукоятке ножа.

Образцы из мелких песчаников, сланцев и известняков обычно очень твердые и прочные, и их лучше не обрабатывать; многие коллекционеры-любители портят свои образцы, покрывая их лаком и полируя, поскольку слой блестящего лака часто скрывает детали самого окаменелого. С другой стороны, отпечатки растений на рыхлых сланцах или тех, которые имеют тенденцию отслаиваться при высыхании, требуют некоторой обработки. В таких случаях лучшим веществом для использования является разбавленный клей, в котором образец следует вымачивать в течение короткого времени, пока жидкость теплая (не горячая), после чего его следует слегка осушить и дать клею высохнуть. Застывшее вещество удерживает пленку растения на поверхности камня и предотвращает его крошение, при этом оно практически невидимо и не портит растение чрезмерным блеском.

2. Для образцов *слепков* обычно применяется та же обработка, хотя они более склонны полностью отделяться от матрицы после одного или двух резких ударов, что избавляет от необходимости выделять детали их структуры.

3. Блоки, содержащие *окаменелости* и поэтому позволяющие увидеть микроскопические детали, требуют гораздо более тщательной обработки. В некоторых случаях простая полировка позволяет увидеть большую часть структуры — например, в случае «Staarsteine» немецких камнерезов, где ось и корешки окаменелости, похожей на древовидный папоротник, четко показывают свой характерный узор.

Однако, как правило, для любой детальной работы лучше и необходим, разрезать образцы поперек и продольно по оси и отшлифовать их до такой степени, чтобы они стали прозрачными и их можно было изучать под микроскопом. Резка может производиться на камнерезном круге, где вращающийся металлический диск с алмазной пудрой действует как нож. Полученный таким образом сравнительно тонкий срез крепится к стеклу с помощью твердого канадского бальзама и шлифуется карборундовой пудрой до тех пор, пока не станет достаточно тонким.

Однако этот процесс очень медленный, и любитель не сможет добиться хороших результатов, не затратив большого количества времени и терпения на работу, которое лучше потратить на изучение самих структур растений. Поэтому обычно более экономично отправить образцы на резку профессионалу, если они достаточно хороши, чтобы их стоило резать, хотя часто целесообразно разрезать и малоперспективный блок, чтобы увидеть, оправдывает ли его сохранность затраты.

В случае настоящих «угольных шариков» многое можно увидеть на срезанной поверхности блока, особенно если его промыть в течение минуты в разбавленной соляной кислоте, а

затем в воде, и тщательно высушить. Кислота воздействует на карбонаты, из которых в основном состоит камень, и эта обработка подчеркивает черно-белый контраст в окаменевших тканях (см. [рис. 10](#)). После нескольких месяцев хранения острота поверхности стирается, поскольку кислота разъедает ее, образуя очень тонкие неровности, которые ломаются и образуют мазкий порошок; но в таком случае все, что нужно, чтобы вернуть первоначальную четкость, — это быстро промыть разбавленной кислотой и водой. Если образцы не подвергаются истиранию, поверхность остается практически неизменной. Блоки, обработанные таким образом, при осмотре с помощью сильной лупы показывают удивительное количество деталей и составляют очень ценные музейные образцы.

Слайды для микроскопа должны быть покрыты стеклянными накладками (как это обычно бывает при покупке) и изучаться под микроскопом, как и срезы живых растений.

Микроскопические слайды с окаменелостями становятся отличными музейными экспонатами, если их установить в качестве прозрачных слайдов на окне или под сильным светом, когда лупа покажет все, кроме мельчайших деталей их структуры.

4. *Маркировка* и нумерация экспонатов очень важны, даже если коллекция небольшая. Помимо бумажной этикетки с полной информацией, на каждом экспонате должен быть указан справочный номер. На микроскопических слайдах его можно вырезать алмазным карандашом, а на камнях, возможно, лучшим средством будет сургуч, растворенный в спирте () и нанесенный кистью. На светлых камнях с плотной текстурой хорошо подходит чернила, которые после полного высыхания можно даже смыть, не размывая.

Важность маркировки самого камня становится очевидной при изучении старой коллекции, где бумажные этикетки отклеились или стерлись, а их надписи были уничтожены временем или плесенью.

Следует вести тетрадь, в которую записываются номера, все данные с бумажной этикетки и любые дополнительные интересные сведения.

ПРИЛОЖЕНИЕ III ЛИТЕРАТУРА

Краткий список некоторых из наиболее важных статей и книг, с которыми следует ознакомиться студентам. В них цитируются бесчисленные статьи специалистов, поэтому, поскольку их будут читать только студенты старших курсов, мы не будем пытаться каталогизировать их здесь.

Каррутерс, У., «О окаменелых стеблях цикадовых из вторичных пород Великобритании», опубликовано в «Трудах Линнеевского общества», т. XXVI, 1870.

***Гейки, А.**, «Учебник геологии», т. I и II, Лондон, 1903.

Гранд'Эри, К., «Flore Carbonifère du département de la Loire et du centre de la France», опубликовано в *Mémoires de l'Académie des Sciences*, Париж, т. xxiv, 1877.

***Кидстон, Р.**, *Каталог палеозойских растений в отделе геологии и палеонтологии Британского музея*, Лондон, 1886.

***Lapworth, C.**, *An Intermediate Text-Book of Geology*, двенадцатое издание, Лондон, 1888.

Laurent, L., «Les Progrès de la paléobotanique angiospermique dans la dernière decade», *Progressus Rei Botanicæ*, т. i, Heft 2, стр. 319-68, Йена, 1907.

Lindley, J., and Hutton, W., *The Fossil Flora of Great Britain*, 3 vols., published in London, 1831-7.

Лайелл, Ч., «Принципы геологии» и «Студенческий Лайелл», под редакцией Дж. В. Джадда, Лондон, 1896 г.

Оливер, Ф. В., и Скотт, Д. Х., «О структуре палеозойского семени *Lagenostoma Lomaxi*», опубликовано в «Трудах Королевского общества», серия В, т. сxcvii, Лондон, 1904.

Рено, Б., *Курс ископаемой ботаники*, Париж, 1882, 4 тома.

Рено, Б., «Угольный и пермский бассейн Отона и Эпинака», атлас и текст, 1893-6, Париж.

***Скотт, Д. Х.,** «Исследования в области ископаемой ботаники», Лондон, второе издание, 1909.

Скотт, Д. Х., «О структуре и родстве ископаемых растений из палеозойских пород. О *Cheirostrobis*, новом типе ископаемого шишка из нижних каменноугольных слоев». Опубликовано в *Philosophical Transactions of the Royal Society*, т. clxxxix, В, 1897.

***Сьюард, А. К.,** *Ископаемые растения*, т. i, Кембридж, 1898.

Сьюард, А. К., *Каталог мезозойских растений в отделе геологии Британского музея*, части I и II, Лондон, 1894-5.

***Зольмс-Лаубах, граф,** «Ископаемая ботаника» (перевод с немецкого), Оксфорд, 1891.

Стоупс, М. К., и Уотсон, Д. М. С., «О структуре и сходстве известковых конкреций, известных как «угольные шары»», опубликовано в *Philosophical Transactions of the Royal Society*, т. cc.

***Стоупс, М. К.,** *Изучение растительной жизни для молодежи*, Лондон, 1906.

***Уоттс, У. У.,** «Геология для начинающих», Лондон, 1905 (второе издание).

Виланд, Г. Р., *Американские ископаемые саговники*, Институт Карнеги, 1906.

Williamson, W. C., Целая серия публикаций в *Philosophical Transactions of the Royal Society* с 1871 по 1891 год и три более поздних публикации совместно с доктором Скоттом; серия под названием «Об организации ископаемых растений угольных пластов», Memoir I, II, &c.

Зейллер, Р., *Элементы палеоботаники*, Париж, 1900.

***Циттель, К.,** *Handbuch der Paläontologie*, т. II; *Paläophytologie*, Шимпер и Шенк, Мюнхен и Лейпциг, 1900.

Те, которые отмечены *, будут наиболее полезны для тех, кто только начинает изучать эту тему.

ГЛОССАРИЙ

Здесь кратко определены некоторые более технические термины, которые могут вызвать сомнения, поскольку они не всегда сопровождаются пояснениями в тексте.

Анатомия — изучение деталей и относительного расположения внутренних особенностей растений, в частности, взаимосвязей между различными системами тканей.

Прицветники — органы, похожие на листья, но не являющиеся обычными листьями. Они часто окружают плоды и обычно имеют коричневый цвет и чешуйчатую поверхность, хотя могут быть ярко окрашенными или просто зелеными.

Кальциевый — содержащий земляные карбонаты, в частности карбонат кальция (мел).

Камбий — узкие живые клетки, которые постоянно делятся и дают начало новым тканям (см. [рис. 33](#), [стр. 57](#)).

Карбонаты, как они используются в этой книге, относятся к соединениям некоторых земляных минералов, таких как кальций или магний, в сочетании с углекислым газом и кислородом, формула CaCO_3 , MgCO_3 и т. д.

Завязь — закрытая структура, покрывающая семена, которые растут, прикрепившись к ней. «Шелуха» стручкового гороха является завязью.

Клетка — единица строения растения. По сути, это масса живого протоплазма с ядром, в большинстве случаев окруженная стенкой. Зрелые клетки имеют различную форму и строение. См. главу VI, [стр. 54](#).

Центробежный — древесина или другие ткани, развивающиеся вдали от центра стебля. См. [рис. 65](#), [стр. 97](#).

Центростремительные — древесина или другие ткани, развивающиеся к центру стебля. См. [рис. 65](#), [стр. 97](#).

Хлоропласт — микроскопические окрашенные массы, обычно круглые, зеленые тела в клетках растений, которые активно ассимилируют.

Угольные шары — массы карбоната кальция, магния и т. д., обычно округлой формы, которые находятся в угле и содержат окаменелые растительные ткани. См. [стр. 28](#).

Конкреции — округлые минеральные массы, образованные концентрическими слоями, как луковица. См. [стр. 27](#).

Семядольные листья — первые листья зародыша. Во многих случаях они наполнены питательными веществами и заполняют семя. См. [рис. 58](#).

Перекрестное оплодотворение — слияние мужских и женских клеток разных растений.

Кутикула — кожица особого химического состава, образующаяся на внешней стенке клеток эпидермиса. См. [стр. 54](#), [рис. 21](#).

Движения земной коры — постепенное смещение уровня земли, изгибание и деформация горных пород, которые являются результатом медленного сжатия земной поверхности и приводят к землетрясениям и вулканической деятельности.

Зародыш — очень молодое растение, иногда состоящее всего из нескольких нежных клеток, которое образуется в результате деления оплодотворенной яйцеклетки. Зародыш является неотъемлемой частью современных семян и часто заполняет все семя, как, например, в случае с фасолью, где две мясистые массы, заполняющие семя, являются двумя первыми листьями зародыша. См. [рис. 58](#), [стр. 77](#).

Эндодерма — специализированный слой клеток, образующий оболочку вокруг сосудистой ткани. См. [стр. 55](#).

Эндосперм — многоклеточная ткань, заполняющая большую «спору» в семени голосеменных растений, в которой в конечном итоге развивается зародыш. См. [рис. 57](#).

Эпидермис — внешний слой клеток, образующий кожу у многоклеточных растений. См. [рис. 21](#), [стр. 54](#).

Плод — в основном состоит из семени или семян, окруженных некоторыми окружающими тканями, которые могут быть только тканями плодолистика или могут быть также другими частями цветка, сросшимися с ним. Таким образом, стручок гороха является *плодом*, содержащим горошины, которые являются семенами.

Ганнистер — очень твердая, песчанистая порода, встречающаяся под некоторыми угольными пластами. См. [стр. 25](#).

Род — небольшая группа в семействе, включающая все очень похожие друг на друга растения, которым дается одно и то же «фамильное имя»; например, *Pinus montana*, *Pinus sylvestris*, *Pinus Pinaster* и т. д. — все они являются представителями рода *Pinus* и в общем называются «соснами» (см. «Вид»).

Гифы — тонкие удлинённые клетки грибов.

Молекула — группа химических элементов в определенной пропорции, которая является основой любого соединения; *например*, два атома водорода и один атом

кислорода () образуют молекулу воды, H_2O . Молекула карбоната кальция (см. определение «карбонат») обозначается как $CaCO_3$.

Моностельный — тип стебля, содержащий только одну стелу.

Морфология — изучение особенностей растений, их форм и взаимосвязей, а также теорий о происхождении органов.

Nucellus — ткань в семени голосеменных растений, в которой развивается крупная «спора». См. рис. [55](#) и [56](#), [стр. 76](#).

Ядро — более плотная масса протоплазмы в центре каждой живой клетки, которая контролирует ее рост и деление. См. [рис. 17](#), *прим.*

Палеоботаника — наука, изучающая ископаемые растения.

Палеонтология — наука, изучающая ископаемые организмы, как растения, так и животных.

Черенок — стебель листа, который крепит его к стеблю.

Флоэма — обычно называемая «лубом». Удлиненные сосудистые клетки, которые проводят произведенную пищу. См. [стр. 57](#).

Пыльцевая камера — полость внутри семени голосеменника, в которой пыльцевые зерна находятся некоторое время, прежде чем выпустить мужские клетки, которые оплодотворяют яйцеклетку в семени. См. [стр. 76](#).

Полистельный — тип стебля, который на любом поперечном срезе выглядит так, как будто содержит несколько стелей. См. примечание об использовании этого слова на [стр. 63](#).

Протоплазма — бесцветная, постоянно движущаяся масса мелкозернистого, желеобразного вещества, которое является существенной живой частью как растений, так и животных.

Порода — термин, используемый геологами для обозначения всех видов земных слоев. Глина и даже гравий являются «породами» в геологическом смысле.

Крыша угольного пласта. Слои горной породы — обычно сланца, известняка или песчаника — которые лежат непосредственно над углем. См. [стр. 24](#).

Склеренхима — клетки с очень толстыми стенками, специально модифицированные для укрепления тканей. См. [рис. 28](#), [стр. 56](#).

Семя — в основном состоит из молодого зародыша и окружающих его тканей, которые заключены в двойную оболочку. См. определение «Плод».

Сланцы — мелкозернистая мягкая порода, образованная высохшей и спрессованной грязью или илом, которая имеет тенденцию раскалываться на тонкие слои, на поверхности которых часто встречаются окаменелости.

Вид — особи, которые по всем существенным признакам идентичны, относятся к одному виду. Поскольку существует много несущественных вариаций, иногда бывает очень сложно провести границу между реальными видами. Видовое название следует за родовым, например, *Pinus montana* — это вид рода *Pinus*, как и *Pinus sylvestris*. См. «Род».

Спорангий — мешковидный кожух, содержащий споры. См. рис. [52](#) и [53](#), [стр. 75](#).

Спора — одиночная клетка (обычно защищенная клеточной стенкой), обладающая способностью к прорастанию и воспроизводству растения, репродуктивным органом которого она является. См. [стр. 75](#).

Спорофилл — лист или часть листа, несущая споры или семена, которая может быть сильно или слабо видоизменена.

Стебель — полоска сосудистой ткани, полностью заключенная в эндодерму. См. [стр. 62](#).

Рыльце — специальный выступ завязи у цветущих растений, который улавливает пыльцевые зерна.

Устьица — дыхательные поры в эпидермисе, которые образуют пространство между двумя изогнутыми клетками, похожими на губы. См. [рис. 23](#), [стр. 54](#).

Тетрады — группы из четырех клеток, которые развиваются путем деления одной клетки, называемой «материнской клеткой». Споры и пыльцевые зерна почти всегда образуются таким образом. См. [стр. 75](#).

Трахеида — клетка, специально модифицированная для проведения или хранения воды, часто сильно удлинённая. Длинные древесные клетки папоротников и голосеменных растений являются трахеидами.

Подглинистый слой — мелкая глина, находящаяся непосредственно под некоторыми угольными пластами. См. [стр. 24](#).

Сосудистая ткань — удлинённые клетки, специализированные для проведения воды и полужидких питательных веществ.

СНОСКИ

- [1] Моя книга была полностью написана до появления второго издания *«Исследований» Скотта*, которое, будь оно доступно, побудило бы меня избежать части работы, связанной с несколькими главами этой небольшой книги.
- [2] Студенту будет полезно ознакомиться с общей геологией этого очень интересного предмета. Такие книги, как *«Принципы геологии»* Лайелла, учебники Гейки и многие другие, содержат информацию о процессе «горного строительства», от которого зависит форма наших угольных месторождений. Хорошее элементарное изложение можно найти в книге Уотта *«Геология для начинающих»*, стр. 96 и далее.
- [3] См. [примечание на стр. 28](#).
- [4] Это относится только к пластам, содержащим «угольные шары»; есть много других видов угля, которые, безусловно, накопились другими способами. См. Stopes & Watson, Приложение, стр. 187.
- [5] Подробный список слоев см. в Watts, стр. 219 (см. Приложение).
- [6] Хотя покрытосеменные растения тогда еще не эволюционировали, стебель голосеменных растений имеет отчетливые сосудистые пучки, расположенные так же, как у покрытосеменных растений, разница заключается в типе древесных клеток.
- [7] Поколение гаметофитов (представленное у папоротников проталлием, на котором развиваются половые органы) чередуется с крупным, листовым спорофитом. Описание этой смены поколений см. в книге Скотта *«Бесцветковые растения»* (см. Приложение).
- [8] Материалы, недавно полученные автором и доктором Фудзии в Японии, действительно содержат некоторые настоящие окаменелости покрытосеменных растений и других растительных остатков. Отчет об этих открытиях еще не опубликован.

[9] Более полное описание флоры покрытосеменных растений можно найти на французском языке в статье М. Лорана в журнале *Progressus Rei Botanicæ*. См. ссылку в Приложении.

[10] Из меловых отложений Северной Америки описано несколько ископаемых форм (*Brachyphyllum*, *Protodammara*), которые демонстрируют явное сходство с семейством в его современном составе. (См. Hollick и Jeffrey; ссылка в Приложении.)

[11] Добавление *-oxylon* к родовому названию любого живого вида указывает на то, что мы имеем дело с ископаемым, который, насколько нам известно из окаменелого материала, очень похож на живой вид.

[12] См. ссылку в приложении к этому богато иллюстрированному тому.

[13] Более полное описание этого интересного конуса см. в работе Скотта «Исследования», стр. 114 и далее.

[14] Соленая болотистая местность физиологически сухая, так как растения не могут использовать воду. Подробное описание таких условий см. в книге Уорминга «Экология растений», английское издание. Простое описание см. в книге Стоупса «Исследование жизни растений», стр. 170.

[15] Студенты, интересующиеся этой особой флорой, могут обратиться к работе Арбера «Каталог ископаемых растений флоры глоссоптерис Британского музея».

Тот же автор

Исследование жизни растений для молодежи

Demy 8vo, с иллюстрациями, 2 шиллинга 6 пенсов.

Nature: «Из всех книг, написанных для детей начальной школы, *«Исследование растительной жизни»* — самая логичная и умная из всех, что мы видели».

Manchester Guardian: «С большим мастерством знания, полученные в результате простых экспериментов в классе или лаборатории, представлены в эффективной форме... Наш старый друг кактус... и другие экзотические чудеса с радостью отнесены к очень второстепенным частям этих ярких и привлекательных страниц».

Athenæum: «Автор достиг простоты языка — задача, более сложная, чем представляют себе авторы учебников, — а поскольку книга напечатана крупным, четким шрифтом, мы можем настоятельно рекомендовать ее учителям в школах».

Inquirer: «Это восхитительная книга с прекрасными иллюстрациями».

Scotsman: «Книга является очаровательным руководством для юных ботаников или натуралистов по истории жизни растений, и она написана с должным учетом возраста тех, для кого она предназначена».

Knowledge: «Отличная книга для молодых людей, желающих узнать, почему и как устроена жизнь растений».

New Age: «Мы не видели ничего подобного на этой стороне Атлантики».

New Phytologist: «... можно без колебаний назвать большой успехом ... написана с широтой взгляда и знанием дела, которых он раньше не встречал в английских учебниках начального уровня».

ЛОНДОН: BLACKIE & SON, LIMITED, 50 OLD BAILEY, E.C.

Примечания переписчика

- Бесшумно исправил несколько очевидных опечаток.
- Переместил сноски в раздел, непосредственно предшествующий указателю, и добавил запись о нем в оглавление.
- Слегка переформатировал таблицы, чтобы они лучше вписывались в динамичный поток на узких экранах.
- Предположительно восстановил одну отсутствующую подтему («Уголь, важность») в указателе.
- В текстовых версиях текст, выделенный курсивом, отделен подчеркиванием.
- В текстовых версиях включил имена файлов иллюстраций для более удобного поиска (с помощью другой программы).